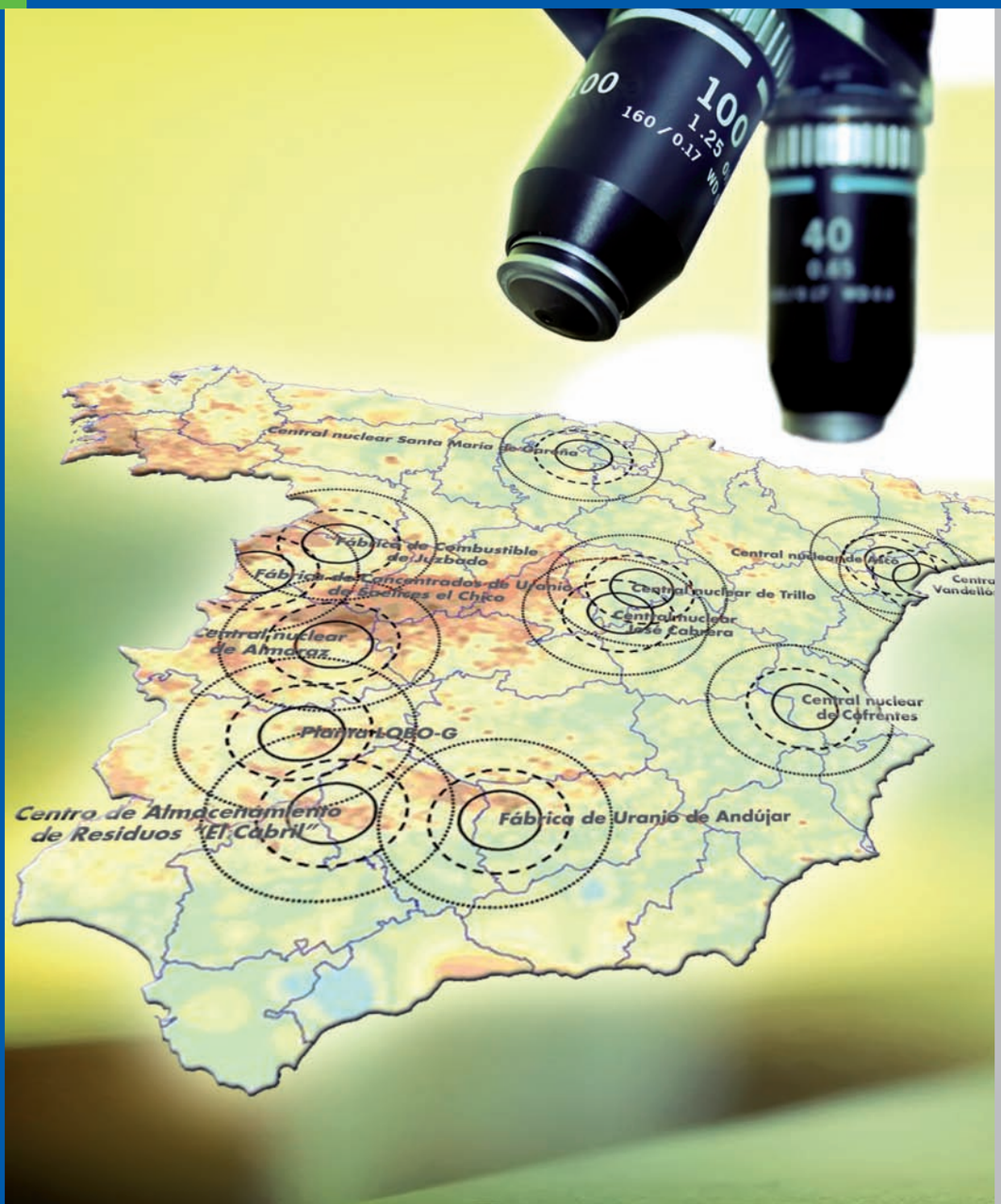
Colección Informes Técnicos 25.2010

Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural

Análisis realizados en el marco del estudio epidemiológico

CSN



Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural

Colección
Informes Técnicos
25.2010

Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural. Análisis realizados en el marco del estudio epidemiológico

Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural

Análisis realizados en el marco del estudio epidemiológico

Autores: Marta García-Talavera
Miguel Ángel Jiménez
Juan Manuel Martín-Valdepeñas

Revisado: José Ignacio Serrano (Jefe de Área de AEIR)

Aprobado: Lucila M.ª Ramos (Subdirectora)

Colección
Informes Técnicos
25.2010

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.21

© Copyright 2010, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11.
28040 Madrid. España
www.csn.es
peticiones@csn.es

Maquetación: base 12 diseño y comunicación, s.l.
Impresión: Elecé Industria Gráfica

Depósito legal: M-49810-2010

Impreso en papel

WELL MANAGED FORESTS
ECF CARING FOR NATURE

Introducción

El Pleno del Congreso de los Diputados, en su sesión de nueve de diciembre de 2005, aprobó una proposición no de ley en la que instaba al Gobierno a realizar un nuevo estudio epidemiológico en las zonas donde existen instalaciones nucleares. Dicho estudio debía incluir, entre otros aspectos, la historia de exposición a la radiación artificial y natural en el entorno de las instalaciones, información que proporcionaría el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

El Instituto de Salud Carlos III y el Consejo de Seguridad Nuclear suscribieron un convenio de colaboración en abril de 2006 con objeto de realizar el estudio solicitado por el Congreso de los Diputados, de acuerdo con los siguientes objetivos generales:

- Estudiar la mortalidad por cáncer en los municipios situados en la proximidad de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear españolas en función de la historia de exposición a las emisiones derivadas del funcionamiento de las instalaciones, comparando con otros municipios españoles, de similares características sociodemográficas, no situados en el entorno de las instalaciones nucleares.

- Contrastar la mortalidad por las mismas causas entre municipios en dos zonas seleccionadas según sus características de exposición a la radiación natural y no sometidas a la influencia de la operación de instalaciones nucleares o radiactivas del ciclo.

El CSN, como organismo que coordina el sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental en España, dispone de un banco actualizado de datos medioambientales capaz de suministrar en cualquier momento niveles de referencia. Estas medidas constituyen la mejor herramienta para poder aproximarse a los valores reales de exposición radiológica. Sin embargo, los niveles de radiactividad en el medio ambiente rara vez alcanzan valores significativos desde el punto de vista de la protección radiológica, por lo que los datos proporcionados por los programas de vigilancia radioló-

gica son generalmente inferiores a los niveles de detección de las técnicas analíticas. Por este motivo, las estimaciones de la exposición de la población a las radiaciones ionizantes debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares se calculan a partir de datos de sus efluentes radiactivos. Ésta ha sido, en consecuencia, la metodología a seguir para el cálculo de la información que el CSN debía aportar al estudio epidemiológico.

Una fuente de exposición adicional a tener en cuenta es la radiactividad de origen natural, que actúa como variable de confusión. La exposición a radiaciones ionizantes (RI) derivadas de este origen supone la principal fuente de exposición en la población general. El CSN dispone de información detallada de este tipo de exposición, obtenida a partir de su plan de actuación para la protección frente a la radiación natural que viene desarrollando desde finales de los años ochenta.

Sumario

Introducción 7

Selección de un indicador de la exposición. 11

Alcance de la reconstrucción histórica
de las dosis a los miembros del público 13

Reconstrucción del registro histórico de dosis
a los miembros del público 17

Análisis y resultados de las dosis al público
derivadas de la operación de las instalaciones
nucleares y radiactivas del ciclo
de combustible y de la radiación natural 39

Consideraciones sobre las estimaciones
de dosis en el entorno de las instalaciones. 73

Conclusiones del estudio. 79

Referencias bibliográficas 81

Anexos 85

Índice de contenidos 370

SELECCIÓN DE UN INDICADOR DE LA EXPOSICIÓN

1

El control habitual para la protección del público en el entorno de las instalaciones nucleares o radiactivas del ciclo del combustible se lleva a cabo valorando las dosis efectivas que podrían recibir los individuos del entorno debido a los efluentes radiactivos vertidos por las instalaciones.

El uso de la dosis efectiva en la realización de un estudio epidemiológico como el planteado por el Instituto de Salud Carlos III aporta beneficios en términos de simplicidad, representatividad y especificidad. Además para su estimación, tanto en el caso de la radiación artificial como en el de la natural, se utiliza una metodología contrastada y prácticamente estandarizada a nivel internacional.

La dosis efectiva presenta, sin embargo, limitaciones para su uso en estudios epidemiológicos, ya que proporciona una información promediada de la exposición que no se adecua a las evaluaciones cuantitativas detalladas de riesgo. Esta magnitud no facilita información sobre el riesgo individual, es decir sobre la exposición de un individuo específico, sino sobre una persona ficticia de referencia en una situación de exposición a la radiación. De hecho, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en sus recomendaciones de 2007 (publicación ICRP 103) indica que no es apropiado utilizar la dosis efectiva en estudios epidemiológicos, en los que deben utilizarse las dosis absorbidas en órganos y tejidos individuales.

El CSN planteó una consulta al presidente de la ICRP sobre la utilización de la dosis efectiva como indicador de exposición en un estudio como el planteado por el Instituto de Salud Carlos III, de tipo ecológico, y cuyo objetivo es identificar en primera instancia posibles asociaciones aparentes entre exposición y mortalidad por cáncer. La ICRP respondió que sería aceptable si las incertidumbres y limitaciones del uso de una magnitud de protección como la dosis efectiva se expusieran muy claramente y no se obtuviesen conclusiones de gran alcance sobre riesgos individuales derivadas de tal estudio. La ICRP indicó, adicionalmente, que para encontrar correlaciones aparentes que puedan ser estudiadas con mayor detalle con otra metodología, los estudios basados en las dosis efectivas pueden ser útiles. Las potenciales asociaciones que puedan encontrarse deberían ser objeto, posteriormente, de estudios más detallados, previa estimación de las dosis absorbidas.

Teniendo en cuenta todo lo indicado, se decidió utilizar la magnitud de dosis efectiva en el contexto concreto del estudio epidemiológico actual y con los objetivos y las limitaciones mencionados. En el análisis para decidir el indicador de exposición a utilizar en el presente estudio participaron los agentes interesados (*stakeholders*) a través del Comité Consultivo establecido para realizar el seguimiento del estudio.

Por tanto, para el estudio se ha realizado una estimación retrospectiva de las dosis efectivas a la población de cada municipio del entorno debidas a los efluentes vertidos por las instalaciones desde el inicio de su funcionamiento. Adicionalmente, se han estimado las dosis debidas a la radiación natural en esos mismos municipios y en los adoptados como municipios de referencia.

ALCANCE DE LA RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LAS DOSIS A LOS MIEMBROS DEL PÚBLICO

2

El objetivo principal del estudio es la elaboración de un registro histórico de las dosis que recibirían los miembros del público por efecto tanto de la operación de instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible como por efecto de la radiación natural durante las distintas etapas en la vida de las instalaciones. El alcance del estudio son los municipios en el entorno de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear españolas (dentro de un radio de 30 kilómetros alrededor de dichas instalaciones), independientemente de que se encuentren actualmente en funcionamiento, desmantelamiento o clausuradas. En la tabla 2.1 se identifican dichas instalaciones, que se localizan sobre el mapa peninsular en la figura 2.1. Como elemento de control se tomarán otros municipios de similares características suficientemente alejados de las instalaciones (en el entorno entre los 50 y los 100 km de distancia). El período del estudio comprende todo el tiempo transcurrido desde la fecha de inicio de la explotación de cada una de las instalaciones hasta el 31 de diciembre de 2003, teniendo en cuenta las distintas fases de su ciclo de vida (funcionamiento, desmantelamiento o clausura).

Tabla 2.1. Instalaciones incluidas en el estudio del CSN

Instalación	Comienzo período explotación	Localización
Centrales nucleares		
José Cabrera	1968	Guadalajara
Santa M.ª de Garoña	1971	Burgos
Vandellós, unidad I	1972	Tarragona
Almaraz, unidad I	1981	Cáceres
Almaraz, unidad II	1982	Cáceres
Ascó, unidad I	1983	Tarragona
Cofrentes	1985	Valencia
Ascó, unidad II	1985	Tarragona
Vandellós, unidad II	1987	Tarragona
Trillo, unidad I	1988	Guadalajara
Otras instalaciones nucleares		
Instalación de almacenamiento de residuos de media/baja actividad de Sierra Albarrana (El Cabril)	1993*	Hornachuelos (Córdoba)
Fábrica de combustibles de óxido de uranio de Juzbado	1985	Juzbado (Salamanca)
Instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear		
Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio	1993	Saelices el Chico (Salamanca)
Planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio	1978	Saelices el Chico (Salamanca)
Planta Lobo-G de tratamiento de minerales de uranio	1977	La Haba (Badajoz)
Fábrica de uranio de Andújar	1959	Andújar (Jaén)

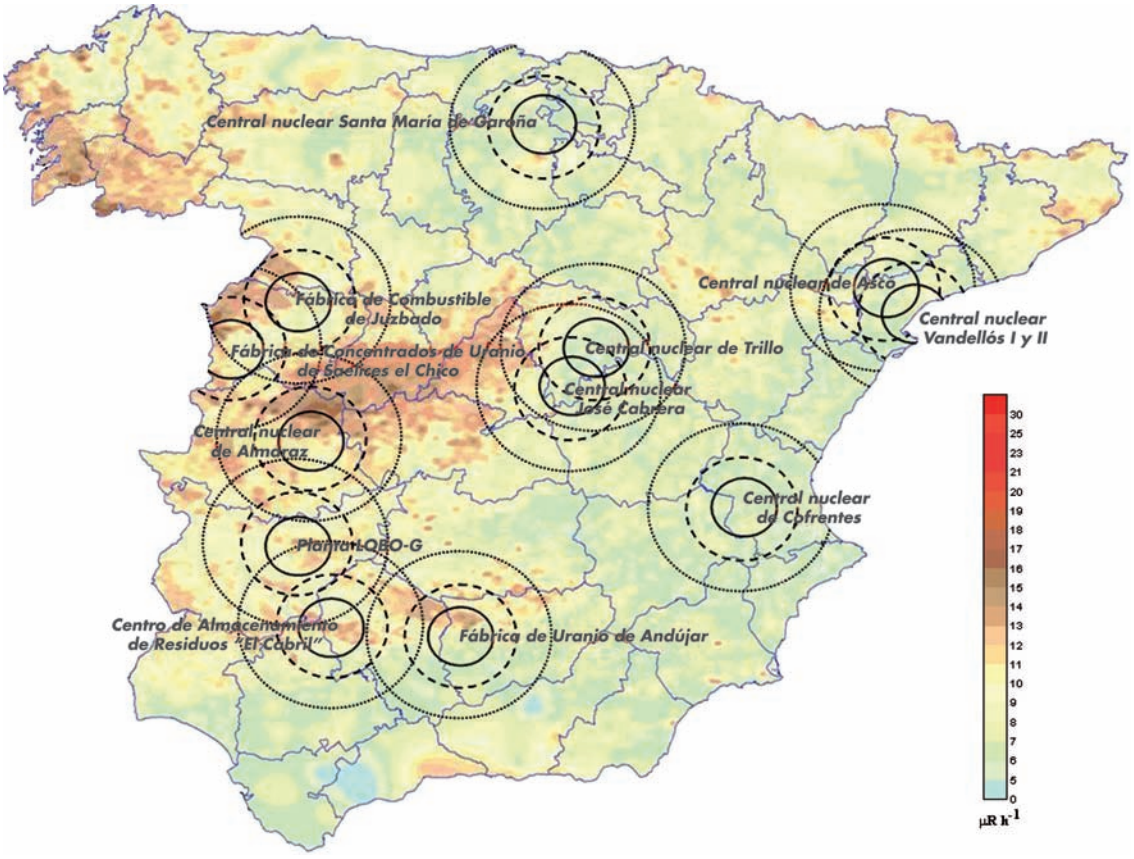
* Aunque desde 1961 se almacenaron residuos en El Cabril, su explotación continuada como planta de almacenamiento de residuos comenzó en 1993, año desde el que se han calculado las estimaciones de dosis.

El propósito de los cálculos de estimación de dosis a los miembros del público es obtener valores representativos del impacto que la operación de las instalaciones nucleares y radiactivas puede tener sobre los individuos por efecto de sus efluentes, para así establecer un control regulador que asegure que dicho impacto siempre es inferior a los límites que la autoridad competente dispone. Tales requisitos de limitación y el control regulador sobre las instalaciones se expresan comúnmente en términos de dosis y, concretamente, en términos de dosis efectiva y dosis equivalente a ciertos órganos, por lo que se hace necesario disponer de valores asignables a la dosis a los individuos.

Si bien las instalaciones cuentan con programas de vigilancia radiológica ambiental en su entorno para verificar que dichos límites se satisfacen en todo momento, es también cierto que lo más habitual es que, dados los bajos niveles de radiactividad en el ambiente, las medidas obtenidas a través de dicha vigilancia no proporcionen ningún resultado significativo por encima del límite de detección de la técnica de radioanálisis.

De esta forma, se hace necesario proponer otras metodologías de estimación cuya finalidad sea proporcionar una serie de valores que, bajo ciertas hipótesis, puedan considerarse representativos de la magnitud del impacto al público en términos de dosis. Ello no significa que los resultados así obtenidos representen en realidad la dosis verdadera que los individuos reciben, sino que constituyen un valor aproximativo de la misma orientado hacia un objetivo, de tipo regulador en la mayoría de los casos.

Figura 2.1. Localización sobre el mapa peninsular de los emplazamientos de las instalaciones nucleares y del ciclo de combustible, así como los entornos considerados en el presente estudio (0-30 km y 50-100 km)



RECONSTRUCCIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE DOSIS A LOS MIEMBROS DEL PÚBLICO

3

Los métodos de estimación de las dosis que los miembros del público habían recibido en la proximidad de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible por efecto de la radiación natural o a causa de la operación de las mismas parten de hipótesis y planteamientos muy diferentes, por lo que su cuantificación se ha abordado por separado, de acuerdo a las metodologías que se detallan en las secciones siguientes.

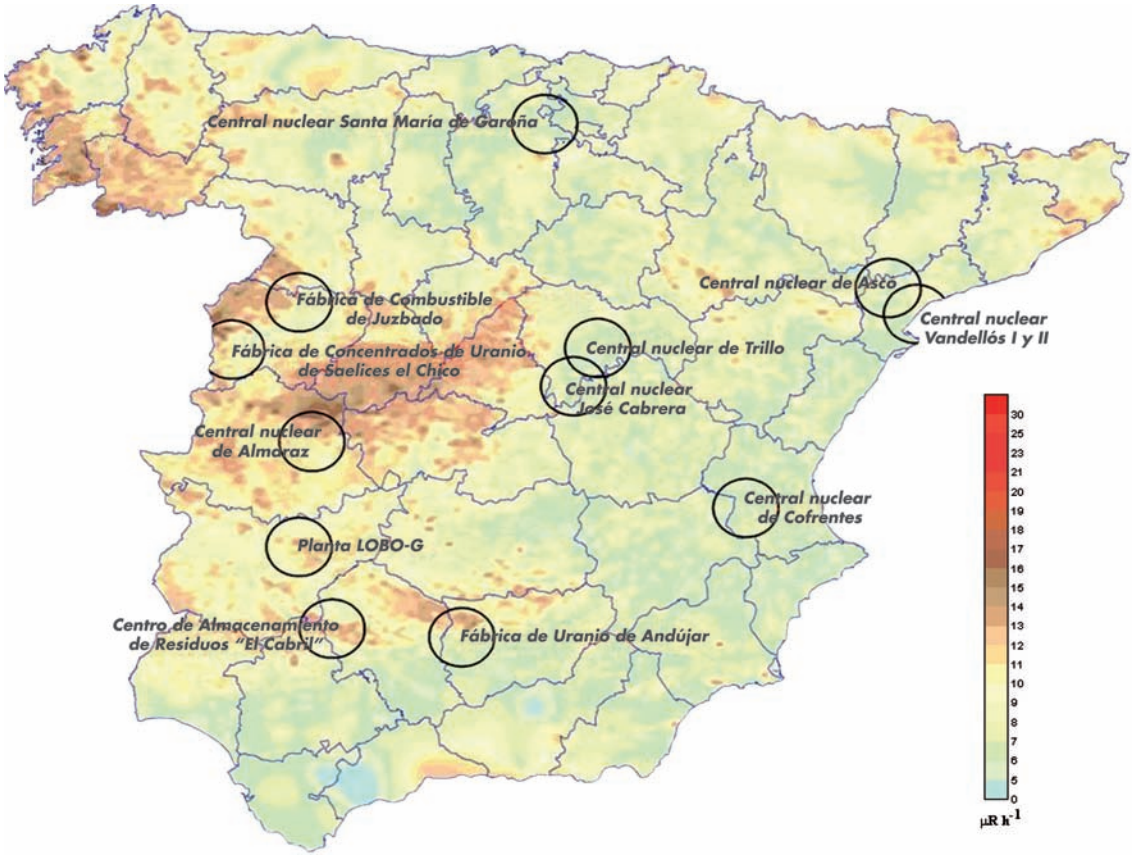
1. Metodología de estimación de dosis por radiación artificial basada en los efluentes de las instalaciones

Los modelos utilizados en el estudio del CSN se ajustan a las prácticas internacionales del cálculo de dosis sobre la población adoptadas en el *Safety Report Series n.º 19* (SRS-19) (IAEA, 2001) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, IAEA).

Estos modelos se han desarrollado en una serie de aplicaciones en las que se calculan las dosis en todas las poblaciones del entorno de 30 km de cada instalación a partir de los datos anuales de actividad vertida por isótopo y vía de emisión. La figura 3.1 localiza sobre el mapa peninsular los emplazamientos considerados junto con su entorno geográfico. El modelo de dispersión atmosférica utilizado es de tipo gaussiano con difusión despreciable viento abajo, reflexión total en el suelo y condiciones constantes de turbulencia en cada período de integración. El modelo de dispersión acuática presupone mezcla completa instantánea aguas abajo del punto de descarga, salvo en emplazamientos a la orilla del mar, donde la dilución de los radionucleidos tiene lugar en una banda de 370 m de anchura a lo largo de la costa.

Establecidas las concentraciones de los radionucleidos en el entorno físico de las instalaciones (aire, agua,

Figura 3.1. Emplazamientos con instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible objeto del estudio, con sus entornos asociados



suelo), deben reproducirse los procesos de llegada de dichos radionucleidos hasta los individuos de la población mediante su impacto directo y a través de la cadena trófica. Estos mecanismos constituyen las llamadas vías de exposición cuyas propiedades serán características de cada emplazamiento (ver figura 3.2):

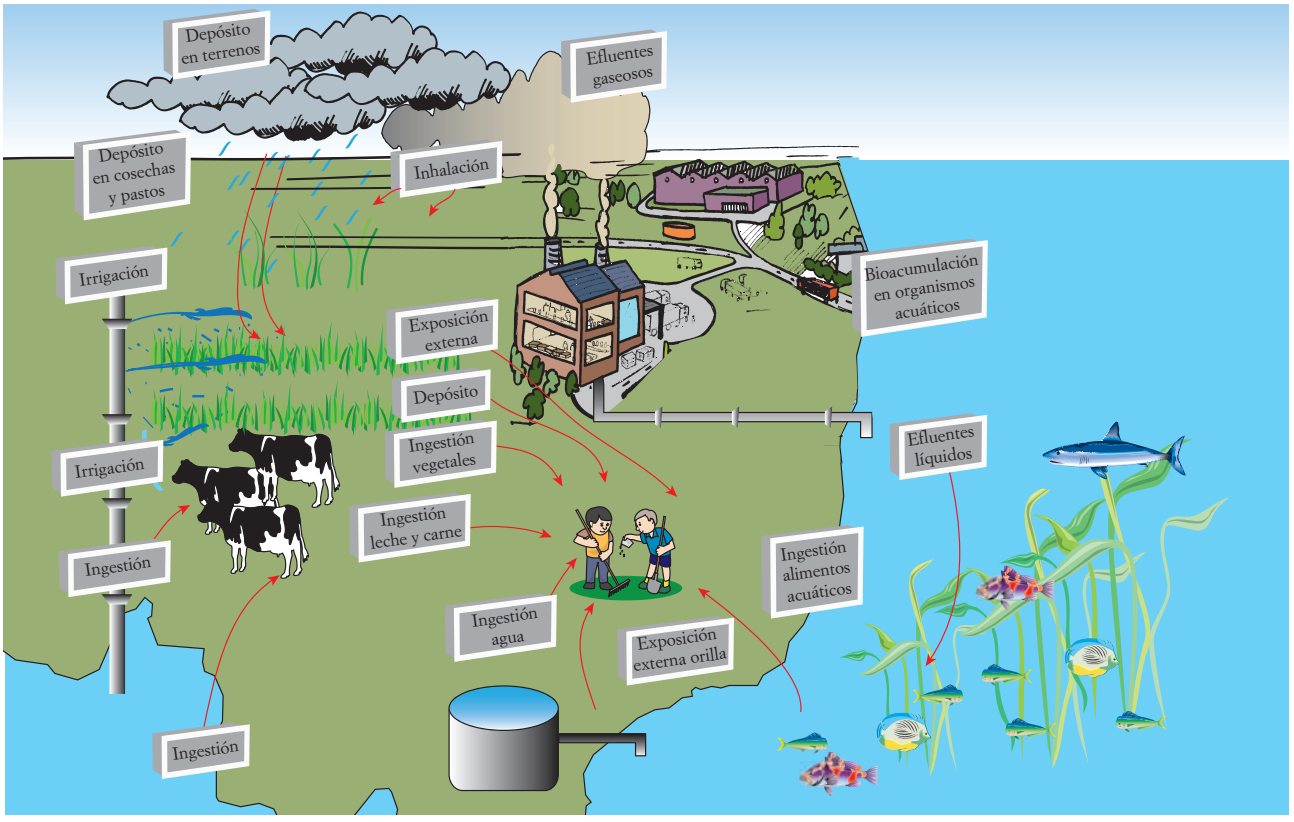
- Para los efluentes emitidos a la atmósfera (efluentes gaseosos), se han considerado la exposición externa (tanto a la nube como a los depósitos acumulados en el suelo), y la incorporación al organismo a través de la inhalación y la ingestión de alimentos contaminados, tanto vegetales (vegetales de hoja ancha y patatas, cereales y otros vegetales) como animales (carne y leche).

- En cuanto a los efluentes emitidos al medio acuático (efluentes líquidos), se han considerado la exposición externa a los sedimentos sobre las orillas, la ingestión de agua potable y la de pescado (especies de río o de mar, según se trate) y marisco, y otros alimentos contaminados de origen vegetal o animal, al igual que en el caso anterior.

En la figura 3.2 se esquematizan las vías de exposición de los individuos a los efluentes emitidos por una instalación genérica.

En particular, para el establecimiento de requisitos para el control regulador (recogidos en los Manuales de Cálculo de Dosis al Exterior –MCDEs– de las instalaciones), se parte de una serie de hipótesis deliberadamente conservadoras sobre estas vías de exposición en cuanto a las condiciones de transporte en el medio y hábitos de los individuos que hacen de esta aproximación una sobreestimación pesimista de las dosis real-

Figura 3.2. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos a considerar en las estimaciones de dosis de radiación artificial por la operación de instalaciones sobre los miembros del público



mente recibidas. Esta visión conservadora responde al objetivo de asegurar que todos los individuos (en particular, el individuo postulado como potencialmente más expuesto) se encuentran adecuadamente protegidos.

Sin embargo, para un estudio orientado al análisis de posibles relaciones tipo causa-efecto, como el estudio epidemiológico que aquí se trata, es preciso recurrir a valoraciones más ajustadas, de forma que los conservadurismos inherentes al propósito regulador deben eliminarse para permitir analizar la distribución de los valores asignados de las dosis a diferentes individuos del entorno de una misma instalación. De esta forma, se habla de las llamadas metodologías realistas de estimación de dosis, en las que es necesario utilizar información representativa propia del emplazamiento y de su entorno. No obstante, debe admitirse que, incluso disponiendo de información realista dentro de este ámbito, en el diseño conceptual de las metodologías realistas de estimación de dosis persisten conservadurismos en los propios modelos numéricos y en los valores de los parámetros por defecto que estas metodologías utilizan.

La elaboración de estudios de estimación de dosis a los miembros del público de acuerdo a hipótesis realistas constituye desde hace algunos años un requisito regulador (en España están requeridos por el vigente Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI, 2001) en su artículo 53, tal y como establece la Directiva 96/29/Euratom (EU, 1996)) aunque no con el objetivo de establecer limitaciones a la operación de las instalaciones. Los estudios realistas se elaboran anualmente y analizan la exposición –en términos de dosis efectiva– de individuos de distintos grupos de edad (adultos, niños, infantes).

No obstante lo anterior, las peculiaridades propias de este estudio epidemiológico ponían en cuestión la representatividad de grupos de tales características, por lo que finalmente se consideró que el individuo representativo de la población en períodos de tiempo tan prolongados se ajustaría mejor al perfil del individuo adulto promedio en sus hábitos. El resto de criterios, en cuanto a la selección de vías de exposición y de parámetros de cálculo se han basado también en la sistemática utilizada en la estimación realista de las dosis (CSN, 2003), tomando como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para tales estimaciones, según refleja el documento *Radiation Protection 129* (EU, 2002).

1.1. Modelo de cálculo

De acuerdo con el documento *Safety Report Series n.º 19* (IAEA, 2001) las dosis individuales se calculan por la transferencia de cada radionucleido a través de los distintos caminos de exposición. La dosis efectiva total vendrá dada por la suma de las dosis debidas a cada radionucleido y por vía de exposición, según una expresión:

$$D_a = \sum_p \sum_i U_{a,p} C_{i,p} FCD_{a,i,p} \qquad (1)$$

donde D_a es la dosis efectiva anual al individuo del grupo de edad a (adulto) [mSv/año], $U_{a,p}$ es un parámetro de utilización (consumo de alimento, tiempo de exposición,...) de la vía de exposición p por el grupo de edad a [m^3/año, kg/año, s/año], $C_{i,p}$ es la concentración del radionucleido i en la vía de exposición p [Bq/m^3, Bq/kg, Bq/m^2], y $FCD_{a,i,p}$ es el factor de conversión a dosis efectiva para cada grupo de edad a, radionucleido i y vía p [mSv/Bq y mSv m^3/(Bq s)].

Para las vías de exposición por incorporación de radionucleidos este valor representa la dosis comprometida para un período de 50 años en individuos adultos.

1.2. Cálculo de dosis por efluentes líquidos

El modelo para el cálculo de dosis por ingestión de los radionucleidos de los efluentes líquidos que se encuentran en los alimentos tiene en cuenta el consumo de agua potable, de alimentos acuáticos y de productos agrícolas y ganaderos a los que llegan los radionucleidos a través de las aguas de riego. Además se consideran las vías de exposición externa por actividades humanas en las orillas de los medios acuáticos.

La concentración del radionucleido se calcula a partir de su tasa de emisión al medio ambiente. En el caso de efluentes líquidos, el modelo que permite calcular este parámetro depende de tres factores que consideran los caminos que sigue el radionucleido desde su emisión hasta su presencia en la vía de exposición, es decir, la retención, la dilución y la acumulación. Por su extensión, en el Anexo I se detallan las aproximaciones realizadas en cada instalación en función de sus características en las estructuras de vertido final.

Vías de exposición acuáticas

Las tres vías de exposición acuáticas consideradas incluyen la ingestión de agua potable, la ingestión de alimentos acuáticos y la exposición externa por actividades al aire libre en las orillas.

La concentración de cada radionucleido *i* en el punto de consumo de agua potable viene dada por la expresión:

$$C_{i,wat} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{wat}} C_i^0 \exp(-\lambda_i t_t) \exp(-\lambda_i t_{b,wat}) \qquad (2)$$

donde $C_{i,wat}$ es la concentración media del radionucleido *i* en la vía de ingestión de agua potable [Bq/m^3], R_i^{SIST} es un factor adimensional de retención del radionucleido *i* en el sistema *SIST* receptor de los efluentes líquidos (río, embalse, etc), FD_{wat} es otro factor adimensional de dilución en la vía de ingestión de agua potable, C_i^0 es la concentración de actividad del radionucleido *i* en el punto de descarga de efluentes líquidos [Bq/m^3], λ_i es la constante de desintegración del radionucleido *i* [s^{-1}], $t_{b,wat}$ es el tiempo de retardo considerado en la vía de de ingestión de agua potable [s] y t_t el tiempo de tránsito desde el punto de descarga hasta el lugar de captación [s].

Los dos primeros factores de la derecha corresponden a los factores de retención y de dilución en el medio acuático. Por otro lado, la concentración de actividad en el sistema de vertido C_i^0 [Bq/m^3] se define como la relación entre la actividad anual emitida por la instalación y el caudal de descarga del sistema de efluentes líquidos:

$$C_i^0 = 3.169 \times 10^{-8} \frac{q_i}{Q^0} \qquad (3)$$

el factor numérico 3.169×10^{-8} tiene que ver con la conversión temporal de años a segundos, q_i es la tasa media de liberación anual de actividad del radionucleido *i* [Bq/año] y Q^0 es el caudal volumétrico del sistema de descarga de efluentes líquidos [m^3/s].

En cuanto a la ingestión de alimentos acuáticos, se consideran las vías: ingestión de pescado de río, ingestión de pescado de mar e ingestión de marisco. Las tres posibles vías utilizan el mismo modelo pero con distintos valores del factor de bioacumulación para la estimación de la concentración del radionucleido *i* en el punto de consumo del alimento acuático:

$$C_{i,aqf} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{aqf}} C_i^0 \exp(-\lambda_i t_t) \exp(-\lambda_i t_{b,aqf}) B_{i,aqf} \qquad (4)$$

donde $C_{i,aqf}$ es la concentración del radionucleido *i* en la vía de ingestión de alimentos acuáticos [Bq/kg], $t_{b,aqf}$ es el tiempo de retardo en la vía de de ingestión de alimentos acuáticos [s], t_t es el tiempo de tránsito desde el punto de descarga hasta el lugar de captura [s] y $B_{i,aqf}$ es el factor de bioacumulación del radionucleido *i* en alimentos acuáticos [m^3/kg].

Finalmente, la concentración del radionucleido *i* en el punto en el que se desarrolla la actividad que da lugar a la exposición externa de las orillas, viene dada por la expresión:

$$C_{i,sbo} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{sbo}} C_i^0 \exp(-\lambda_i t_t) K_S T_i W \times \left[1 - \exp\left(-\lambda_i t_b^{se\,dim}\right)\right] \qquad (5)$$

siendo $C_{i,sbo}$ la concentración del radionucleido *i* en la vía de exposición externa de las orillas [Bq/kg], t_t el tiempo de tránsito desde el punto de descarga hasta el

lugar de sedimentacion [s] y K_S una constante de transferencia desde el agua al sedimento [m³/m²s], T_i es el período de semidesintegración del radionucleido *i* [s], *W* un factor de anchura de la orilla [adimensional] y t_b^{sedim} el tiempo en que la vía de exposición está expuesta al radionucleido *i* de los sedimentos [s].

Vías de exposición por ingestión de alimentos vegetales y animales

Por otro lado, los productos vegetales irrigados con agua contaminada representan una vía potencial de exposición, ya sea por su consumo directo por el ser humano o por el consumo de productos animales que, a su vez, se han alimentado con vegetales irrigados. Por esta razón se utilizan dos tipos diferentes de modelos: los correspondientes a la ingestión de vegetales y alimentos animales.

En la categoría de alimentos vegetales se considera el consumo de tres grupos de los mismos: vegetales de hoja ancha y patatas, cereales y otros vegetales. Para el cálculo de la concentración del radionucleido en el alimento las tres vías utilizan el mismo modelo y los mismos factores de bioacumulación. El modelo considera que la acumulación del radionucleido en el vegetal es la suma de dos contribuciones: el depósito directo sobre las hojas de las plantas (L) y la incorporación a través de la raíz (R):

$$C_{i,veg} = C_{i,vegL} + C_{i,vegR} \tag{6}$$

donde $C_{i,veg}$ es la concentración total del radionucleido *i* en la vía de ingestión de vegetales [Bq/kg]. Para el cálculo de las distintas contribuciones se utilizan las siguientes expresiones:

$$C_{i,vegL} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{veg}} C_i^0 \exp(-\lambda_i t_t) \frac{I\ r}{Y_V \lambda_{e,i}} \times \left[1 - \exp\left(-\lambda_i t_b^{irrig}\right)\right] \exp\left(-\lambda_i t_{b,veg}\right) \tag{7}$$

$$C_{i,vegR} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{veg}} C_i^0 \exp(-\lambda_i t_t) \frac{I\ B_{i,veg}}{P\ \lambda_i} \times \left[1 - \exp\left(-\lambda_i t_b^{irrig}\right)\right] \exp\left(-\lambda_i t_{b,veg}\right) \tag{8}$$

donde $C_{i,vegL}$ es la concentración del radionucleido *i* en la vía de ingestión de vegetales por depósito directo sobre las hojas [Bq/kg], $C_{i,vegR}$ es la concentración de dicho radionucleido *i* por incorporación a través de la raíz [Bq/kg], *I* es la tasa de riego de los vegetales [m³/(m²s)], *r* es la fracción de la actividad depositada retenida en las hojas, Y_V es el rendimiento agrícola de la cosecha [kg húmedo/m²], $\lambda_{e,i}=\lambda_i+\lambda_{w,i}$ es una constante efectiva de decaimiento por desintegración y lavado [s⁻¹], donde $\lambda_{w,i}$ es una constante de eliminación por lavado de la superficie de los vegetales [s⁻¹], $B_{i,veg}$ es el factor de bioacumulación del radionucleido *i* en vegetales [kg seco/kg húmedo], *P* la densidad superficial efectiva del suelo (zona de raíces) [kg seco/m²], t_b^{irrig} el tiempo en que la vía de exposición está expuesta al radionucleido *i* por el agua de riego [s] y $t_{b,veg}$ el tiempo de retardo en la vía de ingestión de de vegetales [s].

Las ecuaciones anteriores se utilizan para el cálculo de la concentración de todos los isótopos excepto para el tritio (H-3) presente en el agua. En este caso, se asume que el tritio está uniformemente distribuido en toda la planta y en equilibrio de concentración con el agua ambiente.

$$C_{H^3,veg} = R_{H^3}^{SIST} \frac{1}{FD_{veg}} C_{H^3}^0 \exp(-\lambda_i t_t) \exp\left(-\lambda_i t_{b,veg}\right)\left(\frac{1}{\rho_{H2O}}\right) \tag{9}$$

donde $C_{H^3,veg}$ es la concentración del H-3 en la vía de ingestión de vegetales [Bq/kg], $C_{H^3}^0$ la concentración de actividad del H-3 en el sistema de vertido de efluentes líquidos [Bq/m³], λ_{H^3} es la constante de desintegración del H³ [s⁻¹] y ρ_{H2O} la densidad del agua (factor de conversión de m³ a kg) [=1.000 kg/m³].

En cuanto a la exposición por ingestión de alimentos de tipo animal se consideran las vías habituales de exposición que, en el caso de las centrales españolas, son: leche de vaca, leche de cabra, carne de vaca y carne de cabra. El resto de especies animales (cerdo,

caza, aves) se han asimilado a la carne de cabra. Para el cálculo de la concentración del radionucleido en el alimento las cuatro vías utilizan el mismo modelo, si bien con distintos factores de transferencia.

El modelo de cálculo considera que la concentración del radionucleido i en el animal ($C_{i,anf}$) es igual a la suma de dos contribuciones: la adquirida por ingestión de agua de bebida por parte del animal ($C_{i,anfW}$) y la asociada a la ingestión de alimentos vegetales, pasto y forraje, ($C_{i,anfV}$) por el mismo:

$$C_{i,anf} = C_{i,anfW} + C_{i,anfV} \tag{10}$$

donde $C_{i,anf}$, $C_{i,anfW}$ y $C_{i,anfV}$ se expresan en [Bq/kg].

Para el cálculo de estas concentraciones se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$C_{i,anfW} = R_i^{SIST} \frac{1}{FD_{anfW}} C_i^{\,0} \exp\left(-\lambda_i t_t\right) \times F_{i,anf}\left(1 - f_{anfW}\right) Q_{anfW} \exp\left(-\lambda_i t_{b,anf}\right) \tag{11}$$

$$C_{i,anfV} = C_{i,veg} F_{i,anf}\left(1 - f_{anfV}\right) Q_{anfV} \exp\left(-\lambda_i t_{b,anf}\right) \tag{12}$$

donde FD_{anfW} es un factor de dilución en la vía de ingestión de alimentos animales incorporada por el agua de bebida, $C_{i,veg}$ es la concentración del radionucleido i en la vía de ingestión de vegetales [Bq/kg], $F_{i,anf}$ es el factor de bioacumulación del radionucleido i en animales [día/kg] (carne), [día/m^3] (leche), f_{anfW} y f_{anfV} son, respectivamente, las fracciones de agua no contaminada y de alimento vegetal no contaminado consumidas por el animal, Q_{anfW} es la tasa de consumo de agua por el animal [m^3/s] y Q_{anfV} la tasa de consumo de pasto y forraje por el animal [kg/s]. El tiempo de tránsito correspondiente a esta vía de exposición es $t_{b,\,anf}$. La concentración en el alimento vegetal ($C_{i,veg}$) se calcula con la expresión (6) anterior, aunque considerando ahora los valores de los parámetros (P, Y_v, etc.) propios del pasto y del forraje.

1.3. Cálculo de dosis por efluentes gaseosos

En cuanto al cálculo de dosis por efluentes gaseosos emitidos a la atmósfera, se consideran las vías de exposición externa a los radionucleidos de la nube y a los depositados en el suelo, las vías de exposición por inhalación de los radionucleidos de la nube y por último la ingestión de alimentos contaminados por los radionucleidos depositados en el suelo, es decir, productos agrícolas y ganaderos. Los cálculos de dosis por efluentes vertidos a la atmósfera parten de la concentración que los radionucleidos presentan en el aire y en el suelo. Según la vida media del radionucleido y su estado de agregación (sobre todo su comportamiento depositable) se utilizan distintas expresiones para la concentración del radioisótopo en el aire y la concentración del mismo en el suelo.

La concentración en aire de H-3, C-14 y radionucleidos no depositables de vida larga viene dada por:

$$C_{i,air} = \left(\frac{\chi}{Q}\right)_i 3.169 \times 10^{-8} q_i \tag{13}$$

donde $C_{i,air}$ es la concentración de actividad del radionucleido i en el aire [Bq/m^3], $(\chi/Q)_i$ es el factor de dispersión atmosférica del radionucleido i [s/m^3], 3.169×10^{-8} es un factor de conversión temporal [año/segundo] y q_i la tasa media de liberación anual de actividad del radionucleido i [Bq/año].

Para gases nobles y la fracción no depositable de los radioyodos se utiliza la expresión:

$$C_{i,air} = \left(\frac{\chi}{Q}\right)_i^{dcy} 3.169 \times 10^{-8} q_i \tag{14}$$

donde la concentración en aire viene afectada del decaimiento radiactivo del radioisótopo, según el factor de dispersión atmosférica $(\chi/Q)_i^{dcy}$ [s/m^3].

Para la concentración en el aire de los radioisótopos depositables (partículas y fracción depositable de yodo):

$$C_{i,air} = \left(\frac{\chi}{Q}\right)_i^{dcy,dpl} 3.169\times10^{-8} q_i \qquad (15)$$

donde el factor de dispersión atmosférica $(\chi/Q)_i^{dcy,dpl}$ tiene en cuenta el decaimiento radiactivo y el empobrecimiento por depósito seco del radionucleido *i* [s/m³].

La concentración en el suelo de los radioisótopos depositables viene dada por:

$$C_{i,gnd} = \left(\frac{D}{Q}\right)_i q_i \qquad (16)$$

donde la concentración $C_{i,gnd}$ de actividad del radionucleido *i* en el suelo [Bq m^{-2} año^{-1}] viene dada por el factor de depósito del radionucleido *i* $(D/Q)_i$ [1/m²].

El modelo que permite calcular las concentraciones medias anuales en aire y suelo por dispersión de los distintos radionucleidos asume liberación continua y distribuye su concentración a través de un mallado en coordenadas polares en 16 sectores de la rosa de los vientos del mismo tamaño (22,5º) y hasta los 30 km de distancia, gracias a un modelo de dispersión gaussiano que considera los efectos de transporte por convección y difusión, así como el depósito sobre el suelo en condiciones secas y reflexión total en el suelo. Las condiciones meteorológicas del emplazamiento tienen que ver con el registro de frecuencias observadas en la dirección y velocidad del viento y en la categoría de estabilidad atmosférica, de acuerdo a la clasificación de Pasquill-Gifford. Los valores de los factores de dispersión y depósito (χ/Q y D/Q) se calculan con el código XOQDOQ (Sagendorf, 1982) a partir de los datos meteorológicos específicos de cada emplazamiento y de las características de las emisiones gaseosas. El Anexo II detalla por su complejidad los distintos efectos que se han considerado sobre el modelo de dispersión.

Modelos de exposición atmósferica externa

Los modelos de exposición externa relacionan la concentración de los radionucleidos en la nube ($C_{i,air}$) o en el suelo ($C_{i,gnd}$) con las dosis recibidas por la exposición del individuo.

En las centrales nucleares españolas PWR de diseño Westinghouse y en las instalaciones del ciclo se considera la emisión a nivel del suelo. En este caso la dosis se calcula bajo la hipótesis de nube semi-infinita uniforme, según la siguiente expresión:

$$D_{ext} = S_F \sum_i C_{i,air} FCD_{i,ext} \qquad (17)$$

donde D_{ext} es la dosis efectiva por exposición directa a la nube [mSv/año], S_F es un factor adimensional de apantallamiento por edificios ($S_F \leq 1$) y $FCD_{i,ext}$ es el factor de conversión a dosis efectiva para el radionucleido *i* por exposición directa a nube semi-infinita [mSv m³ /(Bq s)].

En las centrales nucleares BWR y en la central nuclear de Trillo se considera la emisión elevada desde la chimenea. En este caso la dosis se calcula con el código RABFIN (Pasciak and Ekerman, 1978), que utiliza la hipótesis de nube finita a través de las expresiones:

$$D_{ext} = 1.11 S_F \sum_k D_k^{\gamma} \exp\left(-\mu_{abs}^{T}(E_k)\tau_d\right) \qquad (18)$$

donde el factor *1.11* es un factor de corrección del tejido humano frente a la absorción en el aire [mSv/mGy], D_k^{γ} es la dosis γ en aire asociada al *k*-ésimo grupo de energía de los fotones a la distancia *x* [mGy/año], μ_{abs}^{T} es el coeficiente de absorción en tejido [m²/kg], E_k la energía característica del *k*-ésimo grupo de energía de los fotones [MeV/fotón] y τ_d es el espesor de tejido [kg/m²].

La dosis gamma en aire para fotones de energía E_k se calcula a partir de:

$$D_k^{\gamma} = \frac{K}{x} E_k \mu_{air}(E_k) \sum_{t,n,s} \frac{f_{ns}}{u_n} I(h,u,s,\sigma_z,E_k) q_{n,i}^{dcy} N_{k,i} \qquad (19)$$

donde K=7.027×10^{-8} / Δθ [μGy m³ desint / MeV]), *x* es la distancia a la central nuclear [m], μ_{air} es el coe-

ficiente de absorción en aire [m^{-1}], f_{ns} es la frecuencia conjunta de velocidad de viento de clase n y estabilidad atmosférica s [adimensional], u_n es la velocidad media del viento de clase n [m/s], $I(h,u,s,\sigma_z,E_k)$ es una constante de integración numérica para la distribución de radiactividad [adimensional], h es la altura del punto de emisión para dispersión atmosférica [m], s es la clase de estabilidad atmosférica, u la velocidad media del viento [m/s], σ_z la desviación típica vertical de pluma [m], $q_{n,i}^{dcy}$ la tasa media de liberación anual de actividad del radionucleido i, corregido por el decaimiento durante el tránsito de la distancia r a la velocidad del viento u_n [Bq/año] y $N_{k,i}$ el rendimiento gamma de desintegración [fotones/desintegración].

Por otro lado, los radionucleidos depositados en el suelo desde la atmósfera proporcionan una fuente externa de radiación a la población bastante uniforme. La dosis efectiva D_{gnd} [mSv/año] al cuerpo entero por depósitos sobre el suelo se calcula de acuerdo a:

$$D_{gnd} = S_F \sum_i \left[C_{i,gnd} \frac{1-\exp(-\lambda_i t_b^{gnd})}{\lambda_i} FCD_{i,gnd} \right] \qquad (20)$$

donde t_b^{gnd} es el tiempo en que la vía de exposición está expuesta al radionucleido i por los depósitos en el suelo [s] y $FCD_{i,gnd}$ es el factor de conversión de dosis efectiva para el radionucleido i por exposición directa en el suelo [mSv m^2 /(Bq s)].

Modelo de inhalación

Considera la incorporación de radionucleidos por inhalación del aire durante la respiración del individuo inmerso en la nube radiactiva que presenta una concentración $C_{i,air}$. Por lo tanto:

$$D_{a,inh} = \sum_i U_{a,inh} C_{i,air} FCD_{a,i,inh} \qquad (21)$$

Donde $D_{a,inh}$ es la dosis efectiva del grupo de edad a por inhalación del aire [mSv/año], $U_{a,inh}$ es la tasa de inhalación de aire [m^3/año] del grupo de edad a y $FCD_{a,i,inh}$ es el factor de conversión a dosis efectiva para cada grupo de edad a, radionucleido i para la vía de inhalación del aire [mSv/Bq].

Modelos de exposición por ingestión de alimentos vegetales y animales

Como en el caso de efluentes líquidos, se calcula a través de la expresión general (1), conociendo las concentraciones medias en las distintas vías de exposición ($C_{i,p}$). Estos modelos consideran los productos vegetales contaminados por el depósito de radionucleidos desde la nube radiactiva y que representan una vía potencial de exposición, ya sea por su consumo directo por el ser humano o por el consumo de productos ganaderos que, a su vez se alimentaron con pasto y forraje contaminados. Por esta razón se utilizan dos tipos diferentes de modelos: los correspondientes a la ingestión de vegetales y alimentos animales.

Para la exposición por consumo de alimentos vegetales, como en el caso de efluentes líquidos (ecuación 6), se considera que la concentración del radionucleido i en el vegetal ($C_{i,veg}$) es la suma de dos contribuciones: el depósito directo sobre las hojas de las plantas ($C_{i,vegL}$) y la incorporación por la raíz ($C_{i,vegR}$). Las vías a considerar en este tipo de alimentos son las mismas que en el caso anterior:

$$C_{i,veg} = C_{i,vegL} + C_{i,vegR} \qquad \text{[Bq/kg]} \qquad (22)$$

Si bien para el cálculo de estas concentraciones se utilizan las siguientes expresiones:

$$C_{i,vegL} = \frac{3.169\times10^{-8} C_{i,gnd}\, r}{Y_v \lambda_{e,i}} \times \left[1-\exp(-\lambda_{e,i} t_b^{plant})\right] \exp(-\lambda_i t_{h,veg}) \qquad (23)$$

$$C_{i,vegR} = \frac{3.169\times10^{-8} C_{i,gnd} B_{i,veg}}{P \lambda_i} \times \left[1-\exp(-\lambda_i t_b^{soil})\right] \exp(-\lambda_i t_{h,veg}) \qquad (24)$$

donde 3.169×10^{-8} es el factor de conversión temporal [año/segundo], r es la fracción de la actividad depositada retenida en las hojas [adimensional], Y_V es el rendimiento agrícola de la cosecha [kg húmedo/m^2], $\lambda_{e,i}=\lambda_i+\lambda_{w,i}$ es una constante efectiva de decaimiento por desintegración y lavado [s^{-1}], siendo λ_i la constante de desintegración del radionucleido i [s^{-1}] y $\lambda_{w,i}$ la constante de eliminación por lavado de la superficie de los vegetales [s^{-1}], $B_{i,veg}$ es el factor de bioacumulación del radionucleido i en vegetales [kg seco/kg húmedo], P es la densidad superficial efectiva del suelo (zona de raíces) [kg seco/m^2], t_b^{soil} es el tiempo en que la vía de exposición está expuesta al radionucleido i depositado en el suelo [s] y $t_{h,veg}$ es el tiempo de retardo en la vía de ingestión de vegetales [s].

Las ecuaciones anteriores son válidas para el cálculo de la concentración de todos los radioisótopos excepto para el H-3 y el C-14, para los que se utilizan los modelos siguientes, que asumen su distribución uniforme en la planta y en equilibrio en concentración con el aire ambiente:

$$C_{H3,veg} = F_{Agua}\ C_{H3,air}\ \frac{p_{H3}}{w_{Agua}} \tag{25}$$

$$C_{C14,veg} = F_{Carbono}\ C_{C14,air}\ \frac{p_{C14}}{w_{Carbono}} \tag{26}$$

donde $C_{H3,veg}$ y $C_{C14,veg}$ son, respectivamente, las concentraciones de H-3 y de C-14 en la vía de ingestión de vegetales [Bq/kg], F_{Agua} y $F_{Carbono}$ son las fracciones de masa de la planta que son, respectivamente, agua y carbono, p_{H3} y p_{C14} son las proporciones de equilibrio entre la atmósfera y las plantas de ambas sustancias y w_{Agua} y $w_{Carbono}$ las masas por unidad de volumen de aire de agua (humedad absoluta) y de carbono [kg/m^3].

En este caso, al aplicar la expresión (1) para el cálculo de la dosis correspondiente a esta vía, se aplica un factor de corrección $f_{c,p}$ que tiene en cuenta la fracción del consumo de vegetales que proceden de la zona (y por lo tanto están contaminados), quedando, entonces, la expresión como sigue:

$$D_a = \sum_p \sum_i f_{c,p} U_{a,p} C_{i,p} FCD_{a,i,p} \tag{27}$$

En cuanto a la ingestión de alimentos de origen animal, se consideran las mismas vías de exposición que en el caso de efluentes líquidos. Los modelos son similares a los utilizados entonces, aunque en este caso debe tenerse en cuenta que los animales sólo incorporan radionucleidos por ingestión de alimento vegetal haciendo, además, distinción entre pasto fresco y forraje:

$$\begin{aligned} C_{i,anf} &= F_{i,anf} Q_{anfV} \\ &\times \left\{ C_{i,veg}^{pasto} f_{pst}\ f_{pst}^{pasto} + C_{i,veg}^{forr} \left[f_{pst} \left(1 - f_{pst}^{pasto}\right) + \left(1 - f_{pst}\right) \right] \right\} \\ &\times \exp\left(-\lambda_i t_{h,anf}\right) \end{aligned} \tag{28}$$

donde $C_{i,anf}$ es la concentración del radionucleido i en la vía de ingestión de alimentos animales [Bq/kg] (carne) o [Bq/m^3] (leche), $F_{i,anf}$ es el factor de bioacumulación del radionucleido i en animales [día/kg] (carne), [día/m^3] (leche), Q_{anfV} es la tasa de consumo de pasto y de forraje por el animal [kg/s], $C_{i,veg}^{pasto}$ es la concentración del radionucleido i en la vía de ingestión de pasto [Bq/kg], $C_{i,veg}^{forr}$ es la concentración del radionucleido i en la vía de ingestión de forraje [Bq/kg], f_{pst} es la fracción del tiempo que los animales pastan a lo largo del año, f_{pst}^{pasto} es la fracción del alimento animal que es pasto durante dicha época, λ_i es la constante de desintegración del radionucleido i [s^{-1}] y $t_{h,anf}$ es un tiempo de retardo en la vía de de ingestión de alimentos animales [s].

La concentración en el alimento vegetal se calcularía con las expresiones de la sección anterior, pero considerando los valores de los parámetros (P, Y_v, etc.) propios de las cosechas de vegetales para el consumo animal. Además, los tiempos de retardo para el consumo de vegetales por el animal serán los correspondientes a los del pasto y del forraje.

Modelos de exposición para las instalaciones del ciclo del combustible

Los modelos, parámetros e hipótesis descritos en la sección anterior se referían a la exposición a los efluentes gaseosos emitidos desde una instalación en el entorno cercano de la misma, supuesta la fuente de emisión como puntual.

Sin embargo, en los casos de instalaciones del ciclo de combustible, que tienen que ver con actividades de minería y fabricación de concentrados, es conveniente atender al carácter extenso de las fuentes (eras, escombreras) de los radioisótopos (uranio, torio y descendientes), sobre todo en la proximidad de dichas instalaciones.

Además, en estos casos, salvo el Rn exhalado desde el mineral, los efluentes transportados suelen estar en forma de aerosoles y polvo suspendidos en aire, bien por la acción de la maquinaria de obra y molienda, bien por el levantamiento debido a la acción del viento.

Por tanto, para este tipo de instalaciones se ha hecho uso del código MILDOS-Area (Yuan, 1989), que desarrolla los modelos de la Guía Reguladora 3.51 de la US-NRC (USNRC, 1982) considerando fuentes extensas. De esta forma, la concentración en aire en un punto dado $\vec{r}$ será la superposición de un conjunto de concentraciones debidas a fuentes elementales en posiciones $\vec{r}_s$:

$$\chi(\vec{r}) = \iint \chi(\vec{r} - \vec{r}_s)\, dA \qquad (29)$$

Salvo por esta diferencia en el tratamiento numérico asociada al carácter extenso de las fuentes, el principio general de los modelos de estimación de dosis es en esencia igual al del caso general introducido en los apartados anteriores, aunque presenta algunas diferencias de pequeño matiz en cuanto a los valores de algunas constantes (como el tiempo característico de acumulación de depósitos en el suelo), de tal forma que se ha hecho uso del programa MILDOS-Area solamente para calcular las concentraciones de los radionucleidos en aire y suelo, valores que posteriormente se han introducido como parámetros de entrada en la aplicación general. En los casos en los que no se ha conocido la distribución de tamaños de partículas afectadas, se ha supuesto que los aerosoles transportados tienen el tamaño característico de 1 micra, por ser los de mayor consecuencia radiológica en términos de factor de conversión a dosis.

1.4. Principales hipótesis de cálculo

La estimación de la exposición anual de los individuos a la radiación artificial por la operación de instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible requiere en sus primeras etapas de la formulación de una serie de hipótesis que se detallan a continuación, indicando las fuentes de información utilizadas en los distintos aspectos.

Vías de exposición a considerar

Para establecer las distintas vías de exposición a considerar en cada municipio del entorno de la instalación, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

Efluentes gaseosos: se consideran en todos los municipios del entorno de 30 km todas las vías de exposición posibles, exceptuando aquéllas que se haya comprobado que no estén presentes en ninguno de ellos.

Efluentes líquidos: se han considerado para cada municipio solamente las vías de exposición que se encuentren presentes en el propio municipio.

Para determinar cuáles son las vías de exposición a considerar en cada uno de los municipios se ha recurrido a los “Censos de usos de la tierra y del agua”, elaborados por los titulares de las instalaciones según lo requerido en los permisos de explotación de las mismas y que son actualizados cada tres años, y en los informes anuales de resultados de los PVRAs. En algunos casos, ha sido preciso acudir al Censo Agrícola y Ganadero del INE del año 1999 y a información facilitada por las propias confederaciones hidrográficas. La posibilidad de acceso físico a las orillas de los ríos en

los términos municipales limítrofes se ha verificado mediante consulta con la información web del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Determinación del término fuente

En un primer paso de la metodología de análisis del impacto que sobre la población y el medio ambiente causa la operación de las instalaciones consideradas, es necesario establecer cuáles son las actividades que por cada radioisótopo se han emitido al exterior desde la instalación. Para ello se ha dispuesto de las siguientes fuentes de información:

- En el caso de las centrales nucleares, las actividades por isótopo descargadas al entorno en los efluentes líquidos y gaseosos se encuentran registradas en los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) y en la base de datos ELGA del CSN (desde 1985).

- Cuando no se ha dispuesto de dichos informes mensuales (primeros años de explotación de las instalaciones más antiguas, otras causas…), semestrales o anuales, se ha recurrido a los estudios de Revisión Periódica de la Seguridad (RPS), Estudio de Seguridad (ES) o a los resultados del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA).

- En el caso de instalaciones ya en fase de parada definitiva, se ha recurrido también a los estudios de Análisis de Impacto Radiológico Ambiental (AIRA) y Memorias Descriptivas de las Instalaciones (MDI), así como a los Planes de Desmantelamiento y Restauración (PDR) y Planes de Clausura (PC).

Con respecto a estos datos de vertido, se ha asumido la hipótesis de que dichas actividades se han vertido de manera uniforme y continua a lo largo de todo el año, sin hacer distinciones entre vertidos realizados por tandas (descargas puntuales) y vertidos de forma continua.

Municipios considerados

Es también necesario ubicar a los individuos sujetos del análisis en el entorno de la instalación en términos geográficos, para lo cual:

- Se establece un sistema de coordenadas cartesianas (UTM, datum ED50) en cuyo centro se supone ubicada la instalación de que se trate.

- Los cálculos de estimación de dosis se realizan para cada año en cada uno de los municipios identificados en el entorno de 30 km de la instalación.

- Para ello, los municipios se han supuesto ubicados en el mallado del entorno de 30 km en el punto correspondiente a su centro administrativo en coordenadas X e Y (UTM).

- Se ha utilizado el nomenclátor de unidades poblacionales del Instituto Nacional de Estadística del año 2005 para determinar la relación de entidades de población con categoría de municipio en el entorno de 30 km y se ha supuesto que dicha división administrativa no ha cambiado a lo largo de todo el período del estudio.

- Se ha supuesto que los individuos pertenecientes a cada municipio tienen todos ellos los mismos hábitos de vida y se ven expuestos por igual a las distintas vías de exposición consideradas en dicho municipio. De esta forma, se ven todos ellos igualmente afectados, sin que se tenga en cuenta distribución alguna de variables ni de resultados del estudio dentro del ámbito municipal.

Dispersión atmosférica y fluvial/marítima de los efluentes

Una vez ubicada la instalación de interés, recopilada la actividad emitida al exterior durante su funcionamiento en el período considerado, y localizados los individuos receptores (un adulto promedio por municipio) en su entorno geográfico, el método de análisis propia-

mente dicho debe establecer el comportamiento de los radionucleidos emitidos por la instalación en el medio ambiente desde su liberación hasta su llegada a los individuos. Para ello, es preciso reproducir cómo son transportados a través del sistema físico (atmósfera y entorno acuático) con el fin de conocer sus concentraciones en aire, agua y suelo:

- Por las características de los modelos y datos de dispersión atmosférica utilizados en los cálculos de dosis atribuibles a los efluentes gaseosos, la ubicación de cada municipio se ha trasladado a un mallado en un sistema de coordenadas polares (distancia, sector de la rosa de los vientos) centrado en el punto medio de la instalación. En dicho mallado se consideran 16 sectores de 22,5º de amplitud.

- Siempre que ha sido posible, se han utilizado las condiciones meteorológicas propias del emplazamiento registradas por la torre meteorológica de la instalación. Las condiciones meteorológicas necesarias consisten en un registro de las frecuencias observadas en la dirección y en la velocidad del viento y en la categoría de estabilidad atmosférica, de acuerdo a la clasificación de Pasquill-Gifford. Se ha recurrido al promedio de dichas frecuencias para un período de tiempo lo más extenso posible de acuerdo a los datos disponibles, con el fin de que fuese lo más representativo posible del período de estudio. Para las instalaciones que disponen de Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (MCDE) –centrales nucleares, instalaciones de Juzbado y El Cabril– y, por tanto, de un registro anual regular, este proceso ha sido más o menos directo. Para el resto de instalaciones, no siempre ha sido posible disponer de datos suficientes más que para uno o dos años o ha sido necesario recurrir a una estación meteorológica cercana (casos de la FUA, Lobo-G), lo que podría restar representatividad a tales datos.

- En cuanto a la dispersión acuática en entornos fluviales, se ha supuesto la dilución instantánea y uniforme de los radionucleidos en toda la sección del cauce de los ríos en el punto de descarga y se han utilizado, siempre que ha sido posible, valores específicos de cada emplazamiento relativos a:

  – Caudales y parámetros utilizados en los modelos de retención y de dilución en el medio acuático. Presentan una mayor complejidad los emplazamientos con embalse propio (como las centrales de Almaraz y José Cabrera), para los que se han desarrollado modelos de embalse que tienen en cuenta términos de aporte, evaporación, sedimentación y descarga. Otro caso similar es el de Juzbado, aguas abajo del cual se sitúa la presa de Almendra.

  – Tiempos de tránsito desde el punto de descarga hasta el lugar de captación para el uso del agua para bebida, captura de pescado, riego de vegetales y usos recreativos.

  – Sin embargo, y por la dificultad que en la práctica entrañaría el recabar toda la información necesaria, no se ha considerado la dilución adicional por aportes de agua (afluentes, acuíferos) situados río abajo de las propias instalaciones. Ello determinará que, de forma general, la dosis estimada por efluentes líquidos para todos los individuos situados río abajo de las instalaciones sea la misma, independientemente del municipio en que residan, dependiendo sólo de los usos que se den al agua y del tiempo de tránsito de los distintos radionucleidos en cada uno de los municipios. En la realidad, esta dosis disminuirá por efecto de las diluciones posteriores.

  – Finalmente, tampoco se ha tenido en cuenta la presencia de plantas potabilizadoras para el tratamiento del agua antes de su uso.

- En cuanto a la dispersión acuática en el medio marino (emplazamientos de Vandellós I y II), se ha supuesto la dilución de los efluentes en un volumen de mar representativo de acuerdo a una distancia de mezclado de unos 370 m.

Tasas de uso y consumo de productos agropecuarios

Por otro lado, y en un esfuerzo por utilizar parámetros característicos lo más representativos posible del entorno de cada emplazamiento considerado, el CSN recoge, en su publicación sobre los PVRAs (CSN, 2003), los valores empleados en los estudios anuales de estimación realista de las dosis. De acuerdo a dicho documento, los valores a utilizar proceden de los siguientes estudios:

- Las tasas de respiración para la vía de inhalación de aire se basan en las recomendaciones de la Publicación 71 de la ICRP (ICRP, 1996).

- El tiempo de exposición a los depósitos en orillas se basa en las tasas de ocupación de las playas en el área mediterránea para el residente medio y turistas que se recogen en el documento *Radiation Protection 72* (EU, 1995). Por extensión, se ha utilizado este mismo valor para la permanencia sobre las orillas de los ríos.

- Las tasas de consumo para la vía de ingestión de agua potable se basan en las recomendaciones de la Publicación 23 de la ICRP (ICRP, 1975).

- Las tasas de consumo asociadas a las vías de exposición por consumo de alimentos se derivan del estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española en base provincial realizado por el Ciemat por encargo del CSN (CSN, 2002a).

De acuerdo a las consideraciones hechas en el apartado anterior para la selección de las vías de exposición a considerar en cada municipio, según se trate de efluentes líquidos o gaseosos, se ha supuesto que los productos consumidos en cada municipio del entorno de 30 km de las instalaciones proceden en su totalidad de la producción autóctona y que el individuo adulto presenta un comportamiento promedio en el conjunto de sus hábitos alimenticios.

Otros parámetros necesarios para los cálculos de dosis

Finalmente, se enumeran a continuación otros parámetros necesarios para los cálculos y las referencias de donde se han extraído:

- Constantes de desintegración radiactiva según la Publicación 38 de la ICRP (ICRP, 1983).

- Constantes de sedimentación de la aplicación DOGALI-2000 (Iberinco, 2001).

- Factores de conversión a dosis efectiva según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI, 2001), además de los siguientes (no contemplados en dicho Reglamento):

  – Exposición directa a los gases nobles Kr-89 y Xe-137, de la *Regulatory Guide R.G.1.109* (USNRC, 1977).

  – Exposición directa a depósitos en el suelo y a sedimentos en las orillas, según el *Federal Guidance Report 13: CD Supplement* (EPA, 2002).

  – Siguiendo las recomendaciones del informe *Radiation Protection 72* (EU, 1995), se utilizan para el tritio los factores del agua tritiada en lugar de los de la forma orgánica (OBT) del (RPSRI, 2001).

- Factores de bioacumulación y transferencia según la *Regulatory Guide R.G.1.109* (USNRC, 1977). Los isótopos que presentan factores específicos para la leche de cabra se han considerado diferentes de los de la leche de vaca tanto para efluentes líquidos como gaseosos.

- Excepto cuando se disponga de valores específicos de cada emplazamiento, el resto de parámetros de los modelos se toman de la R.G.1.109 (USNRC, 1977).

2. Metodología de estimación de dosis por radiación natural

Las fuentes naturales de radiación representan la principal exposición a las radiaciones ionizantes para el público en general (aproximadamente un 87% del total). El UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) viene revisando desde el año 1952 los valores de las dosis que la población mundial recibe debido a los diferentes tipos de exposición y en especial a las fuentes de radiación natural.

El fondo natural constituye un nivel de referencia con respecto al cual pueden compararse otras exposiciones. Es habitual establecer los límites de dosis al público recibidas por prácticas nucleares o radiológicas en base a incrementos sobre dicho fondo de radiación. Éste se caracteriza por una elevada variabilidad espacial, pudiendo presentar variaciones de hasta más de un orden de magnitud entre habitantes de una misma región geográfica.

Las dosis por radiación natural se han estimado en todos los municipios situados en un radio de 30 km en torno a las centrales y a las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, así como en una serie de municipios que se encuentran a una distancia de éstas de entre 50 y 100 km de distancia, y que serán utilizados como controles. Igualmente se han incluido en el estudio dos zonas caracterizadas, respectivamente, por un nivel elevado y un nivel bajo de radiación gamma en comparación con el promedio nacional. Éstas se localizan en la Comunidad Valenciana (zona de bajo fondo) y en Galicia (zona de alto fondo). Todas estas áreas de estudio aparecen representadas en el mapa de la figura 3.3.

Las vías de exposición consideradas para la estimación de dosis por radiación natural han sido las siguientes:

- Radiación cósmica.
- Radiación gamma terrestre.
- Inhalación de radón y torón.
- Exposición interna al resto de isótopos naturales por ingestión de agua y alimentos.

Las estimaciones se han expresado como valores medios de la dosis efectiva recibida por los habitantes de cada municipio y se han obtenido utilizando la mejor información disponible para cada uno de los parámetros implicados en el cálculo (cálculos *best estimate*) en lugar de recurrir a valores conservadores.

Los datos experimentales que intervienen en el cálculo proceden de distintos proyectos subvencionados por el CSN y, en algunos casos, de estudios independientes publicados por distintos grupos de investigación. Asimismo, se han realizado nuevas campañas de medida diseñadas específicamente para cubrir la información necesaria para el estudio epidemiológico. En caso de variables cuya contribución es minoritaria y para las que no existen datos locales disponibles (como por ejemplo sobre exposición a torón o radiactividad en alimentos), se han utilizado promedios nacionales o mundiales, o parametrizaciones proporcionadas por el UNSCEAR.

2.1. Cálculo de dosis por radiación cósmica

Las partículas constituyentes de los rayos cósmicos primarios penetran en la atmósfera, interaccionando las de mayor energía con los núcleos de los elementos existentes en el aire, principalmente ^{14}N, ^{16}O y ^{40}Ar, y produciendo una serie de partículas, como neutrones, protones, muones o electrones, así como radiación electromagnética.

Esta radiación cósmica secundaria está formada por una componente neutrónica, indirectamente ionizante, y otra componente directamente ionizante, siendo ésta última la más importante en cuanto a la dosis recibida por esta vía a nivel del suelo.

La intensidad del campo de radiación cósmica en una localización dada depende principalmente de dos factores: la latitud y la altitud sobre el nivel del mar.

Según el informe UNSCEAR (UNSCEAR, 2000), la tasa de dosis efectiva a nivel del mar debida a la componente directamente ionizante de la radiación cósmica es de 32.0E-06 mSv/h para latitudes entre 30º y

50º N (la latitud de la Península está comprendida entre 36º y 43º 47'). La variación con la altitud de dicha tasa de dosis viene descrita por la siguiente expresión:

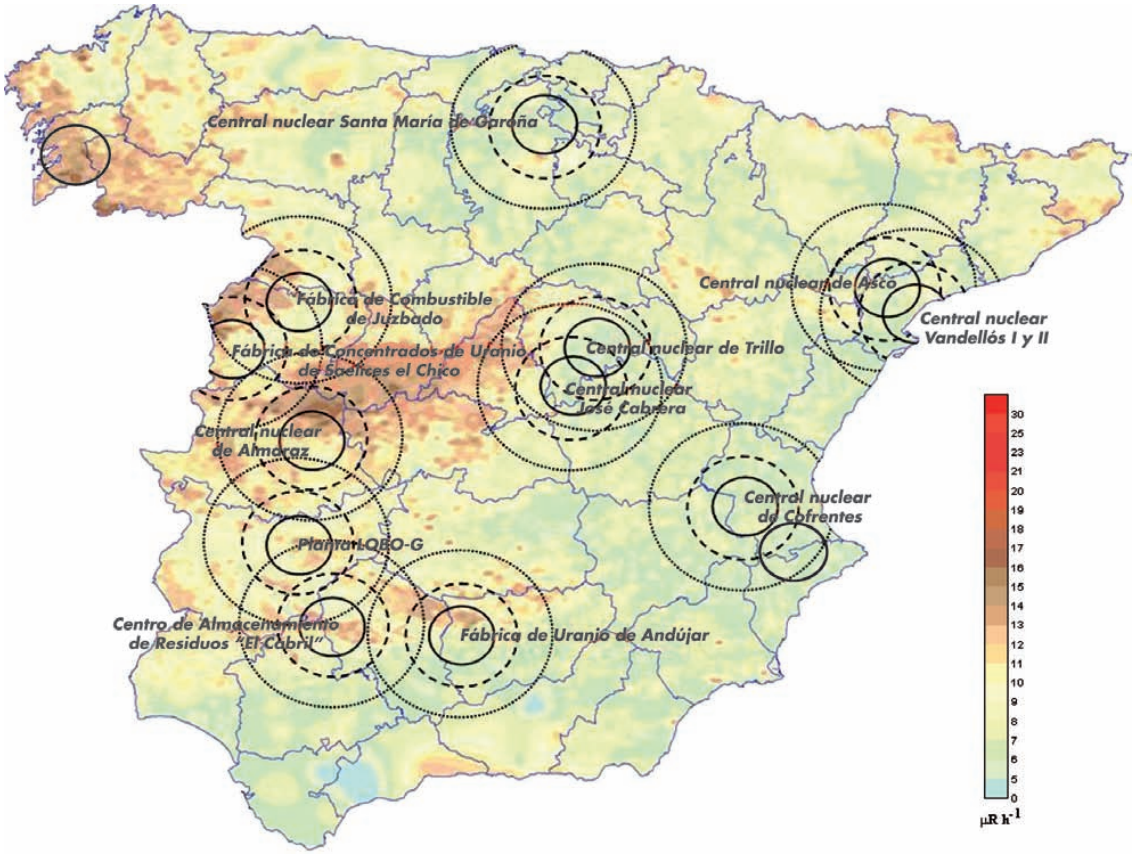
$$\hat{E}_I(z) = \hat{E}_I(0)\ [0{,}21 \exp(-1{,}649\ z) + 0{,}79 \exp(0{,}4528\ z)] \qquad (30)$$

siendo $\hat{E}_I(0)$ la tasa de dosis a nivel del mar y z la altitud expresada en km. De acuerdo con esta parametrización, hay una diferencia de un factor 1,24 entre la tasa de dosis a nivel del mar y a 900 m.

En cuanto a la componente neutrónica, su variación con la latitud es más pronunciada. En el UNSCEAR, a latitudes entre 30º y 40º N se les asigna un valor promedio de 5,3E-06 mSv/h y a aquellas comprendidas entre 40º y 50º N, un valor de 7,8E-06 mSv/h. La variación con la altitud de la componente neutrónica puede obtenerse multiplicando por un factor: $exp(-0{,}00721\ p)$, donde p es la profundidad atmosférica. La relación entre la altitud sobre el nivel del mar, z (km), y la profundidad atmosférica es, para p>230 g cm^{-2}: $Z=44{,}34-11{,}86\ p^{0.19}$. Entre nivel del mar y una altitud de 900 m, la diferencia en la tasa de dosis debida a la componente neutrónica es de un factor 2.1.

Para las exposiciones a la radiación cósmica ionizante producidas en los edificios, las dosis deben reducirse debido al blindaje que proporcionan los materiales de construcción. El valor exacto del factor de reducción depende del tipo de edificio y de los materiales utilizados, pero en general puede considerarse un factor de 0,8

Figura 3.3. Mapa de radiación gamma natural. Los círculos en negro delimitan los entornos de radio 30, 50 y 100 km alrededor de las instalaciones, así como las zonas de control en Galicia y en la Comunidad Valenciana



(UNSCEAR, 2000). Por otro lado, se ha supuesto que la fracción de tiempo que pasa un individuo medio en el interior de edificios es de un 80% (UNSCEAR, 2000).

Las dosis efectivas por radiación cósmica promediadas para cada municipio se han estimado sustituyendo en las expresiones anteriores el valor de altitud correspondiente.

Los rayos cósmicos producen, además, reacciones de transmutación en la atmósfera, en las que la radiación cósmica se combina con núcleos atómicos atmosféricos generando distintos isótopos radiactivos, denominados radionucleidos cosmogénicos.

En el caso de la exposición externa, los radionucleidos cosmogénicos que más contribuyen son ^{7}Be, ^{22}Na y ^{24}Na, pero en mucha menor proporción que los radionucleidos primordiales, y por tanto esta contribución se ha despreciado. En el caso de exposición interna, los principales isótopos son ^{14}C, ^{22}Na, ^{7}Be y ^{3}H; su contribución a la dosis se ha contabilizado en la categoría de exposiciones internas.

2.2. Cálculo de dosis por radiación gamma terrestre

La mayoría de los radionucleidos de las series del ^{238}U, el ^{232}Th y el ^{235}U, así como el ^{40}K, son emisores gamma. Estos radionucleidos, también denominados primordiales, están presentes en la corteza terrestre y en muchos otros compartimentos ambientales, representando una fuente importante de exposición a las radiaciones ionizantes (en promedio, un 20% de las dosis por radiación natural). En lugares al aire libre, el suelo constituye la principal fuente de exposición, mientras que en los edificios son los materiales de construcción los que dan lugar a la mayor parte de la dosis por radiación gamma.

De las tres series indicadas, las más significativas desde el punto de vista de su potencial incidencia radiológica sobre la población son las series del uranio (^{238}U) y el torio (^{232}Th), ya que la contribución del ^{235}U y sus productos de decaimiento a la dosis total debida a la radiación terrestre es inapreciable. Las concentraciones de estos dos isótopos (^{238}U y ^{232}Th) en el medioambiente son, en general, un orden de magnitud inferior a las del ^{40}K.

Cálculo de dosis al aire libre

Para realizar el cálculo de dosis por radiación gamma se ha utilizado el Mapa de Radiación Natural (Marna). El Marna (Suárez *et al.*, 2000), se desarrolló en el marco de un proyecto de I+D para evaluar la tasa de exposición a la radiación gamma de origen natural en España, referida a un metro de altura sobre el nivel del suelo. Los datos de este proyecto proceden de las medidas aéreas y las medidas terrestres obtenidas entre 1968 y 1981 en los sucesivos planes de exploración de uranio, y de las series de medidas terrestres realizadas en las diversas campañas desarrolladas dentro del propio proyecto Marna. Partiendo de estos datos, se elaboró un mapa del territorio peninsular a escala 1:200.000, así como una serie de mapas más detallados de determinadas zonas. La figura 3.3 muestra el mapa de radiación gamma peninsular sobre el cual se han indicado las distintas áreas de estudio.

En particular, se han utilizado mapas locales correspondientes a escala 1:100.000, restando la contribución de la radiación cósmica. Los valores promedio para cada municipio se han obtenido mediante interpolación utilizando una técnica de *kriging*. Para convertir las dosis absorbidas en aire en dosis efectivas para adultos se ha aplicado un factor de 0,7 Sv/Gy (UNSCEAR, 2000). Se ha considerado un factor de permanencia al aire libre de 0,2.

Cálculo de dosis en espacios cerrados

Las dosis por radiación gamma recibidas en los edificios suelen ser más altas que las recibidas en espacios abiertos, debido fundamentalmente al cambio de geometría. En general, existe una relación lineal entre el comportamiento de la dosis de radiación gamma absorbida en aire en el interior (D^{i}_{AIR}) y en el exterior de una vivienda (D^{e}_{AIR}), siendo el cociente entre ambas

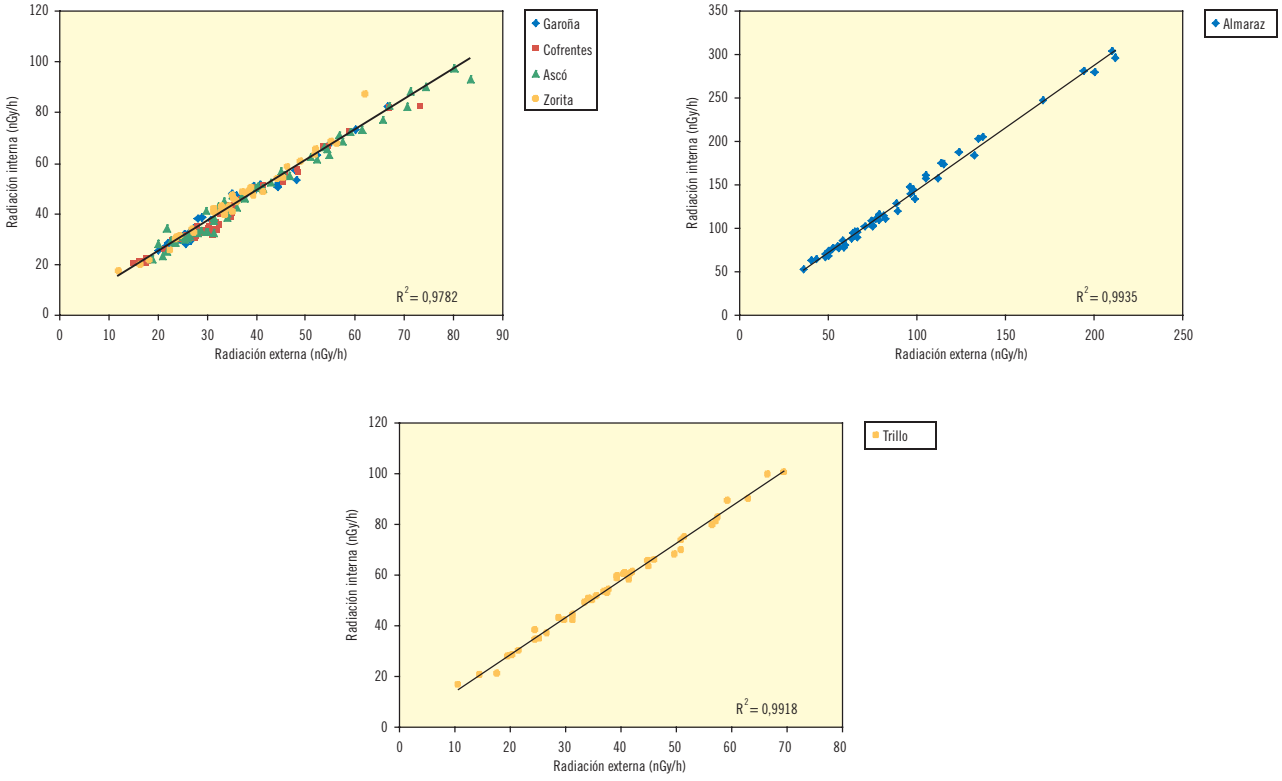
de 1,4 en promedio, aunque se han observado variaciones de 0,6 a 2,3 (UNSCEAR, 2000).

En el marco del proyecto subvencionado por el CSN *Evaluación de las dosis de radiación natural recibidas por la población en el entorno de las centrales nucleares españolas* (Quindós *et al.*, 1998) se realizaron series de medidas de D^e_{AIR} y D^i_{AIR} en el entorno de cada una de las centrales nucleares españolas. En la figura 3.4 se muestra la representación gráfica de estos datos. Como puede comprobarse, existe una relación lineal entre ambas variables en todos los casos (una vez sustraída la contribución de la radiación cósmica a las medidas de dosis absorbida en aire).

Para las centrales de Garoña, Ascó, Cofrentes y Zorita las rectas de regresión obtenidas son idénticas: se ha comprobado estadísticamente la homogeneidad de las varianzas y que tanto las pendientes del ajuste como los términos independientes no difieren significativamente ($p<0,05$). Por tanto, todos los valores individuales se han combinado, obteniendo una única recta de regresión, de pendiente a=1,199±0,013 y término independiente b=0,57±0,50. Para Almaraz y Trillo, las rectas de regresión son distintas comparadas con la del resto de las centrales, con parámetros (a=1,495±0,008; b=-0,03±1,03) para Almaraz y (a=1,4506±0,0062; b=-0,47±0,25) para Trillo.

En el caso de los municipios situados en el entorno de cada una de las centrales nucleares, las dosis efectivas se han estimado sustituyendo en la ecuación de regresión correspondiente ($D^i_{AIR} = a\ D^e_{AIR} + b$) el valor de la dosis exterior, en nGy/h, obtenida del Marna para cada municipio restando la contribución de la radiación cósmica, y posteriormente multiplicando por el factor de conversión 0,7 Sv/Gy y por un factor de permanencia 0,8.

Figura 3.4. Relación entre la dosis por radiación gamma recibida al aire libre y en ambientes cerrados, en el entorno de las centrales nucleares españolas



Para los municipios de control y los municipios en el entorno de instalaciones del ciclo no existen medidas específicas. En estos casos, se han tomado como valores representativos de los coeficientes *a* y *b* los correspondientes a la central nuclear más próxima que se encuentre situada en un terreno de similares características.

2.3. Cálculo de dosis por inhalación

Las dosis por radiación natural recibidas a través de la vía de inhalación pueden desglosarse en dos contribuciones: radón (^{222}Rn) y torón (^{220}Rn). El resto de los radionúclidos naturales dan lugar a dosis despreciables (<0,01%).

Cálculo de dosis por exposición al radón

El radón es el único descendiente gaseoso de la serie del ^{238}U. Este gas y sus descendientes de vida corta son los responsables de aproximadamente un 50% de las dosis recibidas por radiación natural. Las concentraciones de radón en el exterior son mucho más bajas que en los edificios, donde penetra por difusión o advección y tiende a acumularse. Los niveles de radón en una vivienda dependen de muchos factores, como el contenido de ^{226}Ra en el suelo, la permeabilidad, las características constructivas del edificio, ventilación, etc.

En España se han llevado a cabo campañas de medida de radón en edificios en todo el territorio nacional, así como una serie de estudios en determinadas áreas con niveles de radón elevados, como los Arribes del Duero. Así mismo, se han realizado medidas de concentraciones de este isótopo en viviendas de poblaciones del entorno de cada una de las centrales nucleares españolas y de instalaciones del ciclo y se ha llevado a cabo un muestreo específico en los municipios de control incluidos en el estudio epidemiológico. A partir de estos resultados se estimarán las concentraciones de radón en cada uno de los municipios de interés como la media geométrica de los niveles de radón en viviendas de dicho municipio. En el caso de aquellos municipios donde no se hayan realizado medidas en viviendas se han realizado extrapolaciones del valor promedio de concentración de radón en función de la geología.

Por otro lado, los valores de concentraciones de radón en el exterior de las viviendas se han estimado a partir de promedios anuales de datos de la Red Automática de Estaciones de vigilancia radiológica del CSN, que proporcionan valores de las concentraciones de radón en continuo (CSN, 2002b).

En cuanto al factor de conversión a dosis a utilizar, no existe un consenso internacional. Los factores de conversión a dosis (FCD) derivados de estudios epidemiológicos y de análisis dosimétricos discrepan, variando en un rango de 6,0E-06 a 15E-06 mSv (Bq h m^{-3})$^{-1}$. En este caso se ha considerado el valor de 6,2E-06 mSv (Bq h m^{-3})$^{-1}$* recogido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI, 2001) y que es el valor propuesto por la Unión Europea en la Directiva 96/29/Euratom. Otro de los parámetros que intervienen en el cálculo es el factor de equilibrio, para el que se ha tomado un valor de 0,4 en el caso de viviendas, y de 0,6 en el exterior (UNSCEAR, 2000). La fracción de tiempo transcurrida al aire libre que se ha considerado, es 0,2, como ya se señaló anteriormente.

Cálculo de dosis por exposición al torón

Las dosis debidas a la inhalación de torón (^{220}Rn) y a sus descendientes son muy inferiores a las del radón ya que, dado su corto periodo de semidesintegración (55,6 s), tanto su concentración en aire como la de sus descendientes es mucho menor. Las medidas en viviendas de este gas son muy escasas comparadas con las de radón y en España no existen prácticamente datos disponibles. Para realizar las estimaciones de dosis se tomará un valor típico de 0,03 para el cociente torón/radón EEC (concentración equivalente en el equilibrio). Los valores del factor de conversión a dosis

* Equivalente a 1,1 Sv por Jhm^{-3}.

se basan en modelos dosimétricos, puesto que no se han realizado estudios epidemiológicos. Se ha considerado el valor de FCD de 37,7E-06 mSv (Bq h m^{-3})$^{-1}$** propuesto en el RPSRI y un factor de permanencia en el interior de la vivienda de 0,8. Los valores de dosis recibidas al aire libre pueden despreciarse.

2.4. Cálculo de dosis por ingestión

Las dosis recibidas por ingestión de radionucleidos naturales no son en promedio elevadas (la media a nivel mundial es de 0,3 mSv/a), aunque presentan una variabilidad muy alta debida a diferentes niveles de radiación de fondo, climas, prácticas agrícolas, etc.

La dosis debida a la ingestión de ^{40}K está regulada por el equilibrio homeostático de este elemento en el organismo. El contenido de potasio en el cuerpo para adultos es del 0,18%. Con una abundancia de ^{40}K de 1,17 10^{-4} por átomo de K, las dosis efectivas correspondientes son de 0,165 mSv/a (UNSCEAR, 2000). Por otra parte, las dosis debidas a la ingestión de radionucleidos cosmogénicos representan en promedio unos 0,01 mSv/a (UNSCEAR, 2000).

Para estimar las dosis debidas a ingestión de radionucleidos de las series del torio y el uranio se han considerado los valores promedio de radiactividad en diversos grupos de alimentos proporcionados en el informe UNSCEAR. Los datos de consumo medio se han tomado de un estudio español financiado por el CSN (CSN, 2002a) y realizado por grupos de edad, tamaño de población, y provincia. Se han utilizado los factores de conversión considerados en el RPSRI.

Otra posibilidad alternativa que fue considerada para el cálculo de dosis por ingestión consiste en partir de los valores de concentraciones de radiactividad en el suelo en cada zona y utilizar parámetros de transferencia, recogidos en compilaciones como la realizada por el OIEA (IAEA, 1994) para estimar las concentraciones de radionucleidos en los diversos compartimentos de la cadena trófica. Una metodología basada en factores de transferencia, que correspondería a una situación de consumo estrictamente local de alimentos, es precisamente la que suele adoptarse para estimar las dosis a la población debidas a los efluentes de las centrales nucleares. No obstante, esta opción se descartó puesto que para radionucleidos naturales los parámetros de transferencia están menos estudiados y peor caracterizados que los asociados a radionucleidos artificiales.

A la dosis por ingestión de alimentos debe añadirse la dosis debida a la ingestión de agua. En particular, las dosis recibidas pueden ser muy elevadas cuando las aguas consumidas son de origen subterráneo. En España, la utilización del agua subterránea en abastecimientos urbanos por cuencas hidrográficas, de acuerdo al *Libro Blanco del Agua* del Ministerio de Medio Ambiente (MIMA, 2000), puede verse en la tabla 3.1:

En promedio, la procedencia del agua utilizada, para abastecimientos mayores de 20.000 habitantes, se distribuye entre un 76% de agua superficial, un 22% de agua subterránea (incluyendo manantiales) y un 2% de

Tabla 3.1. Proporción de habitantes (%) abastecidos con agua de origen subterráneo en las distintas cuencas hidrográficas españolas

Cuencas hidrográficas	Total habitantes	Hab. abastecidos. Agua subt. (%)
Norte y Galicia Costa	4.842.508	20
Duero	2.364.694	35
Tajo	6.350.155	7
Guadiana	1.727.956	36
Guadalquivir	4.928.772	33
Sur	2.088.079	58
Segura	1.375.686	5
Júcar	4.199.261	53
Ebro	2.897.159	25
Cataluña (cuencas internas)	5.790.659	22
Baleares	702.770	95
Canarias	1.463.890	100
Total	38.731.589	31

** Equivalente a 0,5 Sv por Jhm^{-3}.

otros orígenes (básicamente desalación). Sin embargo, en las poblaciones menores de 20.000 habitantes estas proporciones se invierten, con un 22% de origen superficial, un 70% subterráneo y el resto sin especificar.

En caso de conocerse el origen del abastecimiento de agua potable para los municipios de interés se ha utilizado dicha información en el cálculo. En caso contrario se ha recurrido a los porcentajes genéricos de consumo de agua superficial y agua de origen subterráneo.

Los valores promedio mundiales de radiactividad en aguas propuestos en el UNSCEAR son del orden de los valores típicos de aguas superficiales medidos en España. Como comprobación, en la tabla 3.2 se recogen valores medidos en agua potable de distintas ciudades españolas cuyo abastecimiento es principalmente superficial, estimados a partir de datos de la red espaciada del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN.

Tabla 3.2. Niveles de actividad de radionúclidos de la serie del uranio en agua potable

	Actividad (mBq/l)			
	^{238}U	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po
UNSCEAR	1	0,5	10	5
Madrid	6,3±2,3	<0,7	<10,2	1,8±0,7
Bilbao	0,38±0,03	<10,71	1,4±0,7	0,32±0,02
Barcelona	4±1	<1	<7	

Por tanto, aunque la variabilidad es elevada se ha tomado como valor de referencia de dosis efectiva debida al consumo de agua superficial un valor de 0,01 mSv/a deducido a partir de los datos del UNSCEAR.

Para el agua de origen subterráneo, se ha tomado como dosis representativa un valor de 0,04 mSv/a* (Métivier, 1997). Dicho valor incluye las contribuciones de los elementos de las series del uranio y el torio excepto el radón. Para incluir la contribución del radón se consideran valores distintos dependiendo de la naturaleza del acuífero. Para acuíferos ígneos se ha tomado como referencia un estudio subvencionado por el CSN sobre la concentración de radón en aguas de consumo realizado en Extremadura (Martín *et al.*, 2005) que estima una concentración media de radón de 58,3 Bq/l, lo que corresponde a una dosis de 0,15 mSv/a considerando un valor del FCD para el ^{222}Rn de $3{,}5.10^{-6}$ mSv/Bq (NRC, 1999). En acuíferos calcáreos se ha considerado un valor medio de 4 Bq/l, propuesto en la referencia (Soto *et al.*, 1998) para aguas de origen subterráneo en Cantabria. Este valor da lugar a una dosis debida a radón de 0,01 mSv/a.

La dosis total por ingestión se ha obtenido sumando las contribuciones debidas a la ingestión de alimentos y a la de agua (incluyendo por un lado la dosis debida al radón y por otro la del resto de radionucleidos).

2.5. Dosis asociadas a actividades laborales

Adicionalmente a las exposiciones a la radiación natural no asociada a actividades laborales, consideradas en los apartados anteriores, muchas personas están expuestas a niveles elevados de radiación natural en sus lugares de trabajo, como podría ser el caso de minas y de otros lugares subterráneos, industrias de procesamiento de minerales o aviones. Algunas de estas actividades pueden tener incidencia también sobre el público. No obstante, estas exposiciones no se han contabilizado en las dosis por radiación natural ya que no se dispone de la información necesaria para realizar las estimaciones pertinentes.

* Considerando un consumo diario de agua de 2 l (OMS, 2004) en lugar del valor de 1,5 l empleado por Métivier.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LAS DOSIS AL PÚBLICO DERIVADAS DE LA OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS DEL CICLO DE COMBUSTIBLE Y DE LA RADIACIÓN NATURAL

4

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos de los cálculos de estimación de dosis para los entornos objeto del estudio, presentados instalación por instalación. En los anexos VII a XXIII se recogen en detalle dichos resultados, así como las principales hipótesis y fuentes de información para cada caso. De forma comparativa, se presentan conjuntamente los resultados de dosis atribuida a las instalaciones y a la radiación natural en cada emplazamiento.

1. Centrales nucleares

1.1. Central nuclear José Cabrera

La central nuclear José Cabrera consiste en un reactor de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse de un solo lazo de refrigeración y 510 MW de potencia térmica que comenzó su operación en julio de 1968 y actualmente se encuentra en fase de desmantelamiento, tras su parada definitiva el 30 de abril de 2006. En el anexo VIII se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período de estudio en las poblaciones más significativas (Almoguera y Zorita de los Canes). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Almoguera.

En la figura 4.2 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año en que la instalación ha operado durante el período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

Figura 4.1. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Almoguera, Zorita de los Canes) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

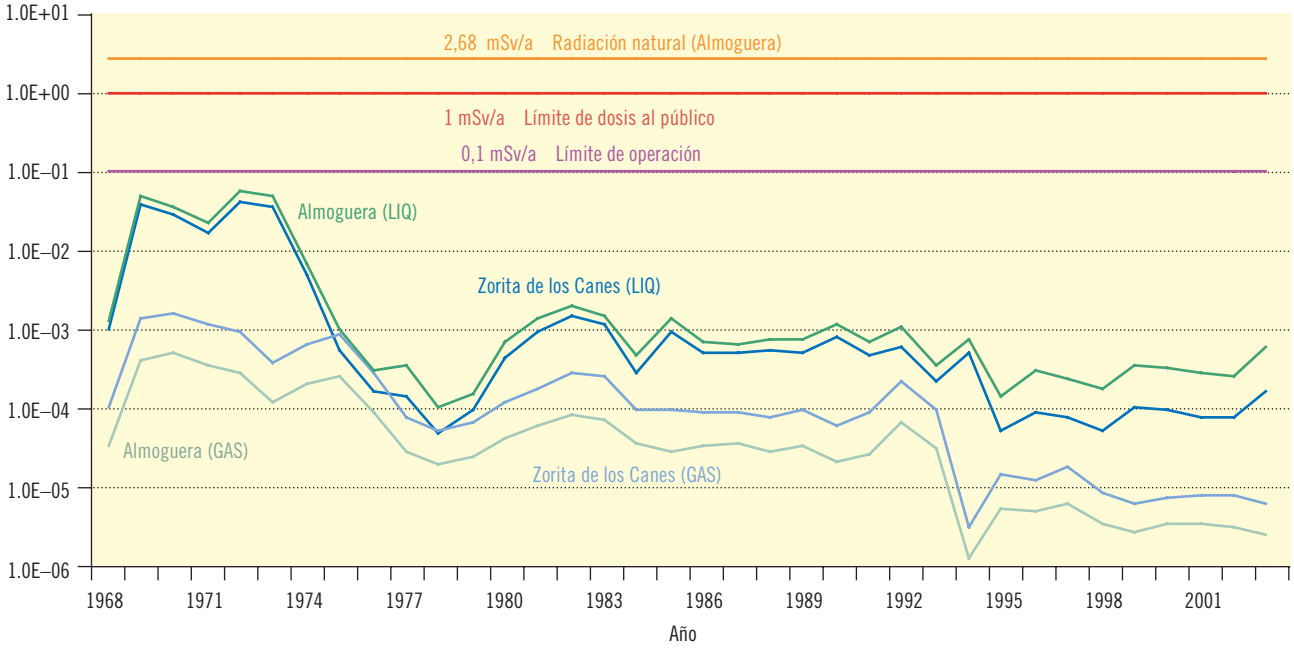
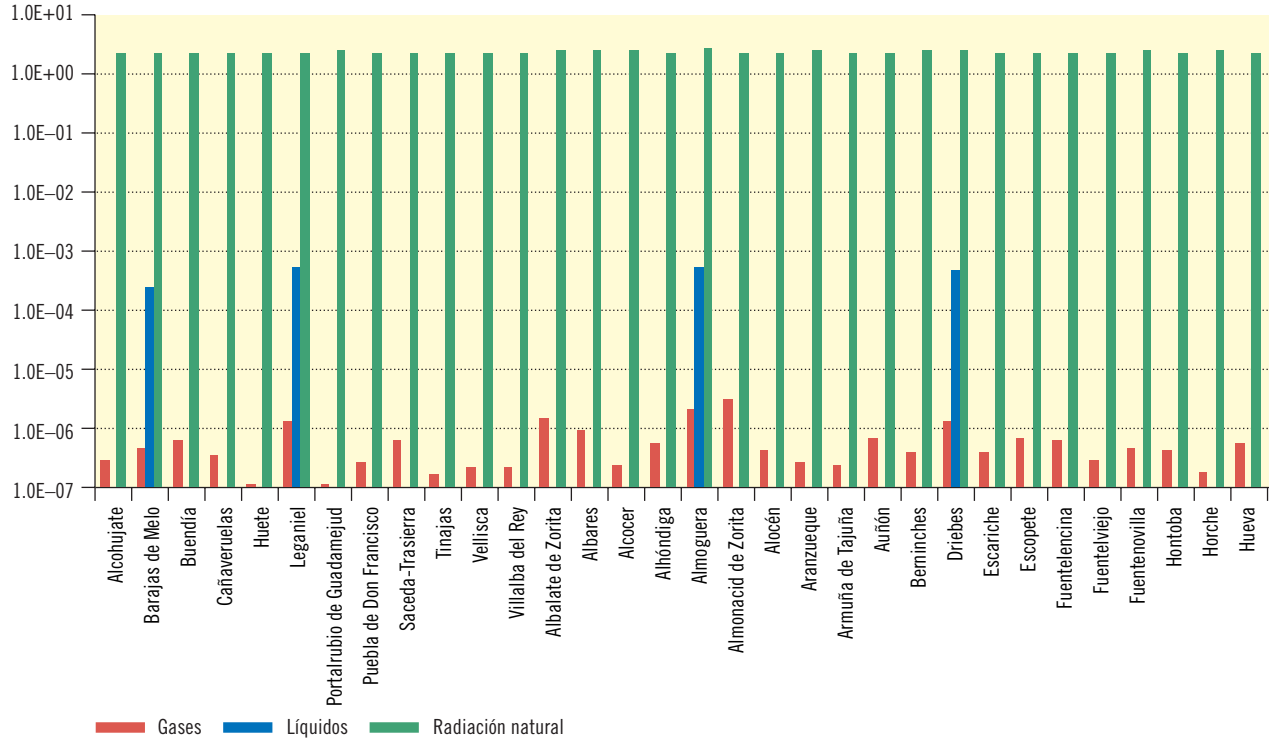
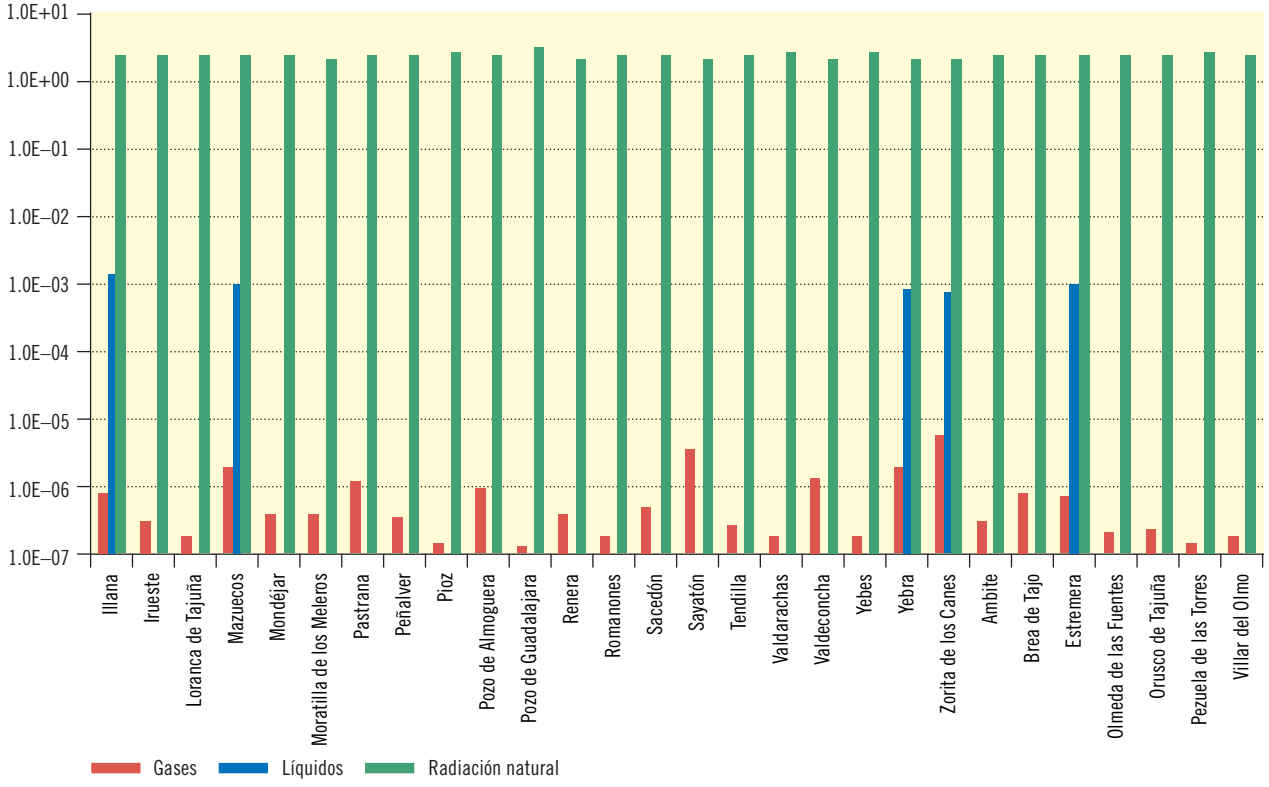


Figura 4.2. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km durante el año 2003





En la figura 4.3 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.4 muestra, de forma análoga, el valor de dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

1.2. Central nuclear de Santa María de Garoña

La central nuclear de Santa María de Garoña consiste en un reactor de agua en ebullición (BWR) de General Electric diseño Mark-I, de 1.381 MW de potencia térmica, que comenzó su operación en marzo de 1971 y actualmente continúa en explotación. En el anexo IX se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.5 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa (Valle de Tobalina). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Valle de Tobalina.

En la figura 4.6 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.7 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.8 muestra, de forma análoga, el valor de dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

1.3. Central nuclear Vandellós I

La central nuclear Vandellós I consistía en un reactor de grafito-gas de tecnología EdF con 1.500 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en marzo de 1972 y su parada definitiva tuvo lugar tras el incendio que sufrió el 19 de octubre de 1989. Tras el desmantelamiento de gran parte de la instalación, actualmente sólo permanece el cajón del reactor en fase de vigilancia. En el anexo X se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.9 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa (Vandellós y Hospitalet del Infant). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite de dosis anual al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Vandellós y Hospitalet del Infant.

En la figura 4.10 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año completo en que la instalación ha operado durante el período de estudio (año 1988), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.11 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.12 muestra, de forma análoga, el valor de dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

Figura 4.3. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1968-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear José Cabrera por efecto de la operación de la instalación

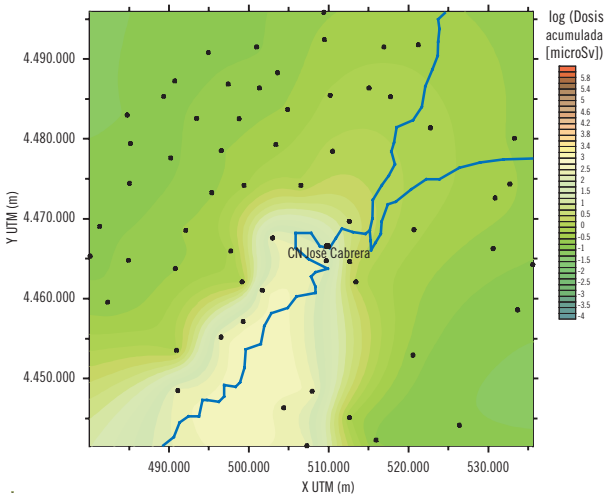


Figura 4.4. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1968-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear José Cabrera por efecto de la radiación natural

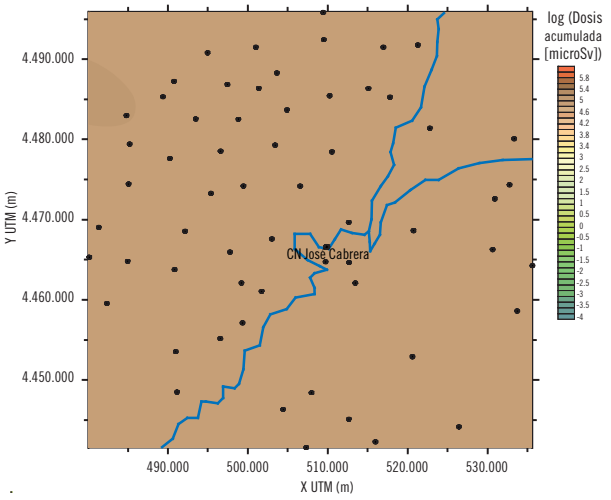


Figura 4.5. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Valle de Tobalina) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

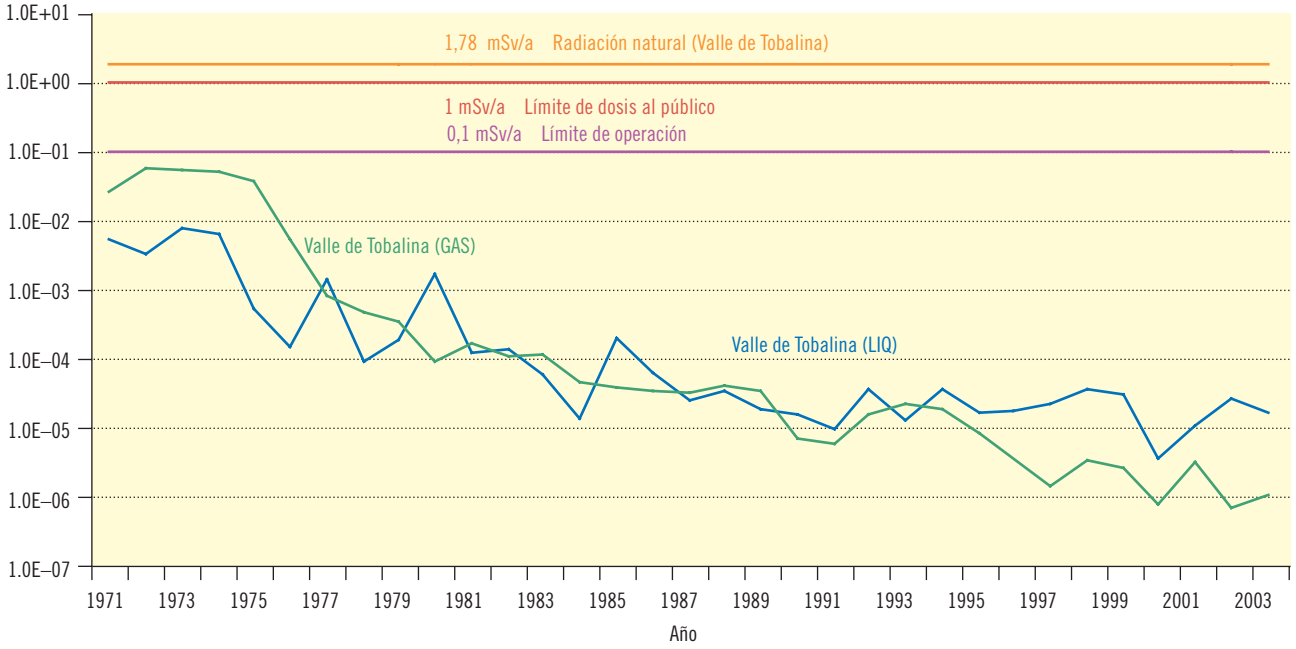
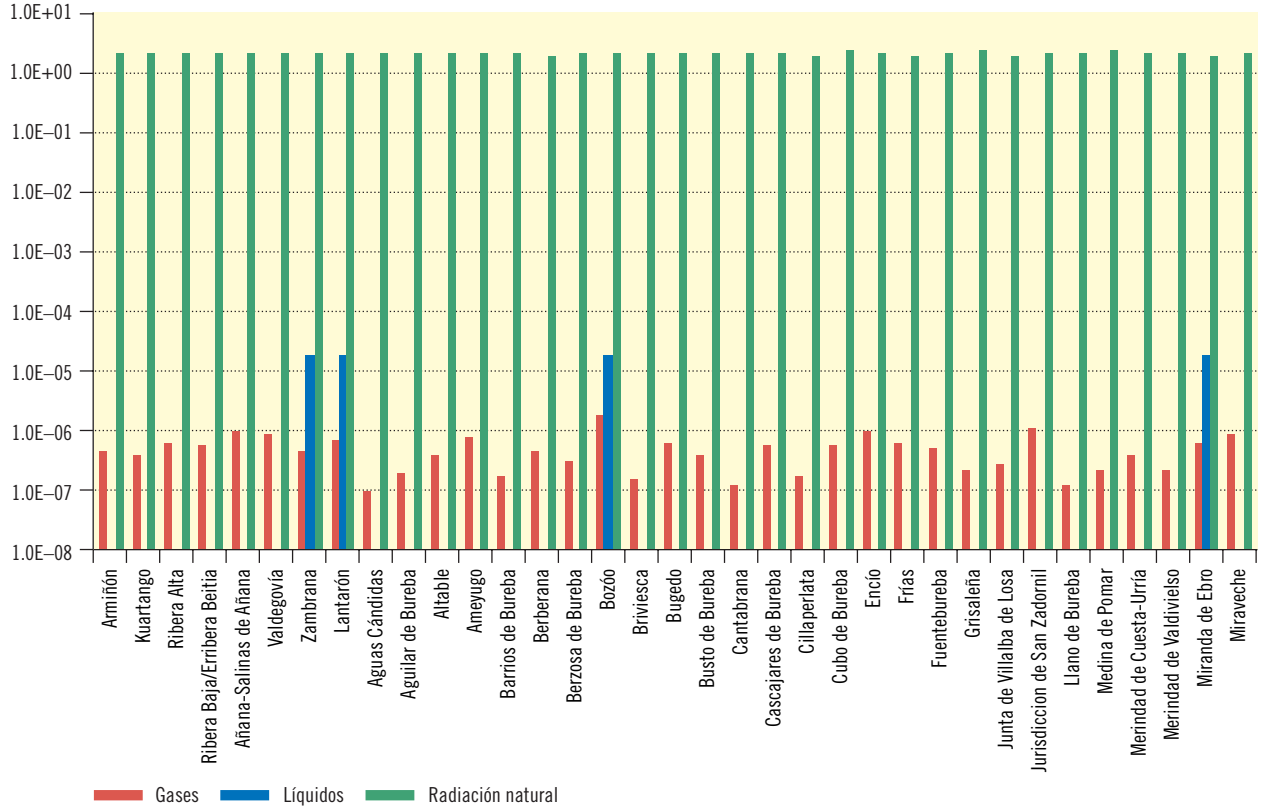


Figura 4.6. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear de Santa María de Garoña durante el año 2003



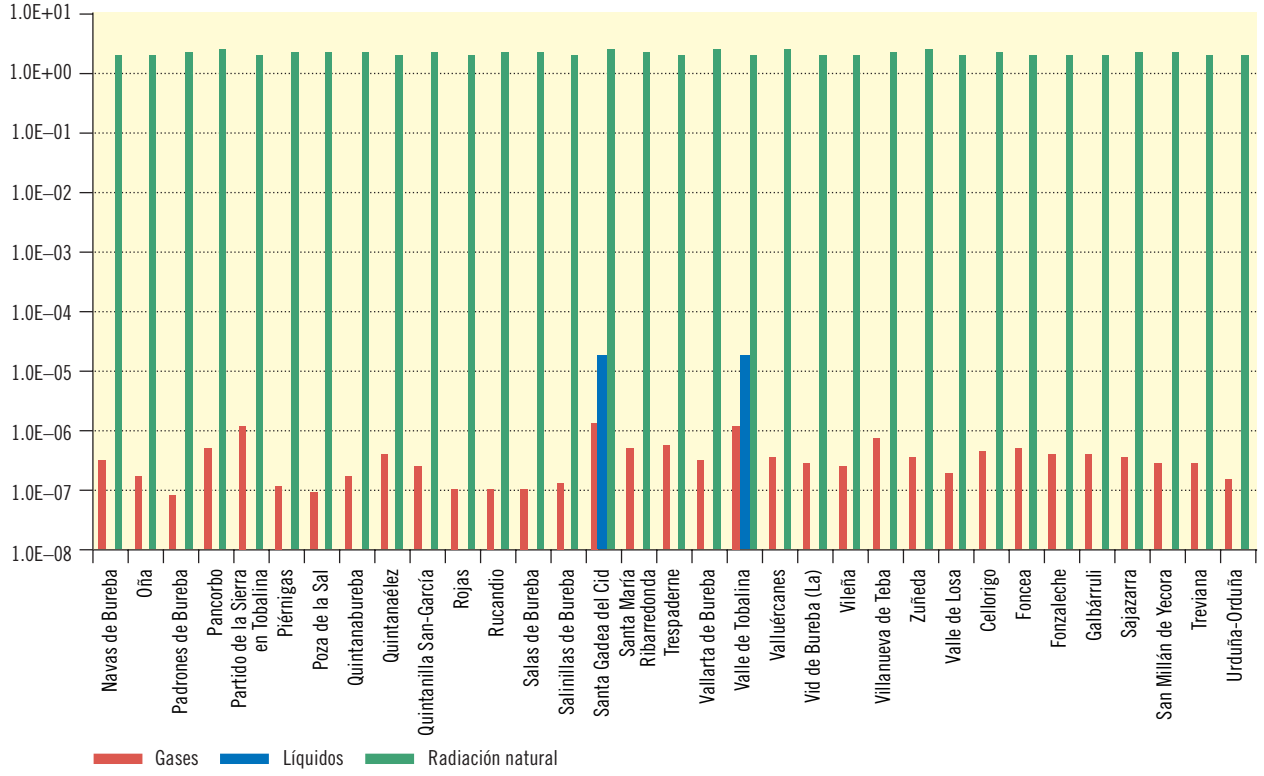


Figura 4.7. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1971-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Santa María de Garoña por efecto de la operación de la instalación

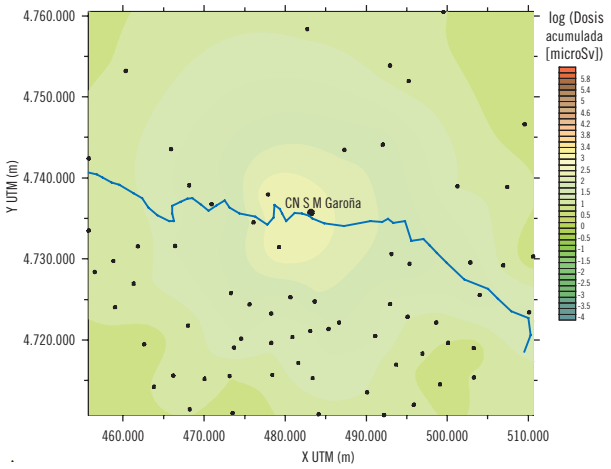


Figura 4.8. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1971-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Santa María de Garoña por efecto de la radiación natural

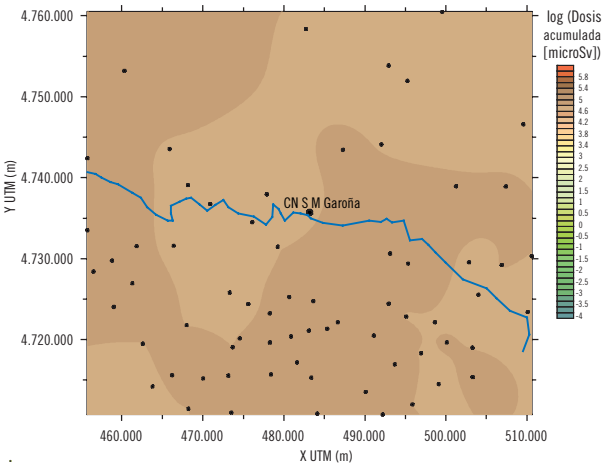


Figura 4.9. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Vandellós y Hospitalet del Infant) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

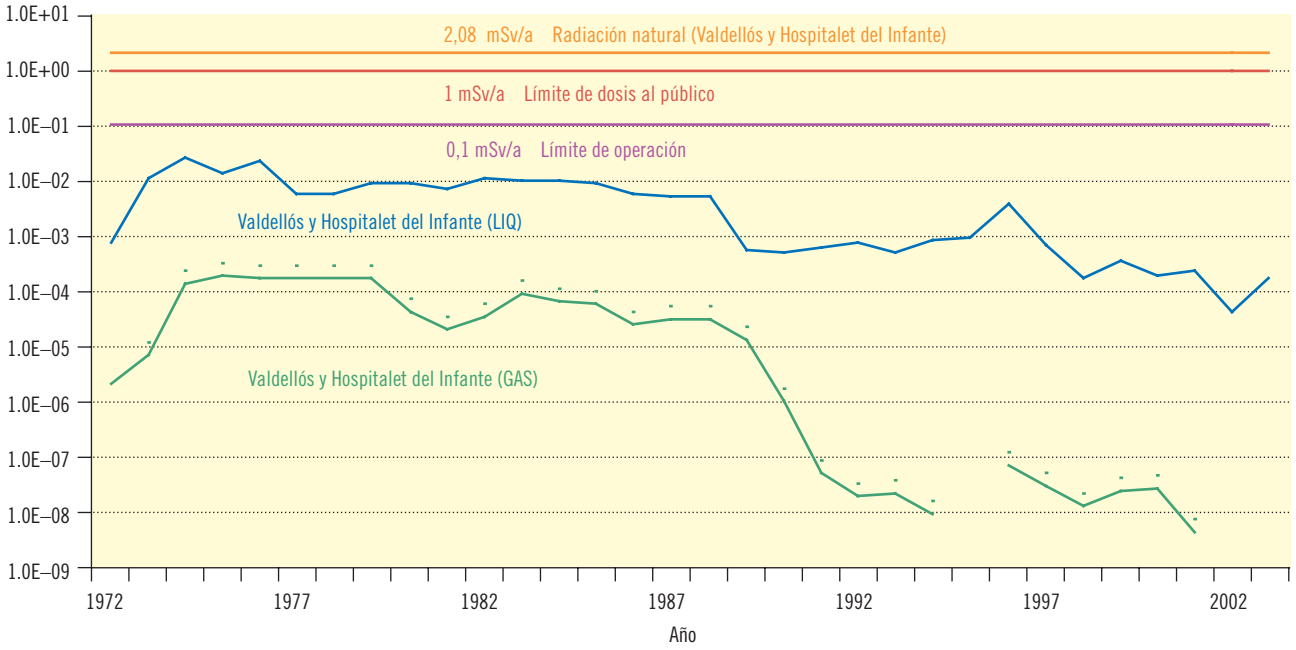


Figura 4.10. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós I durante el año 1988

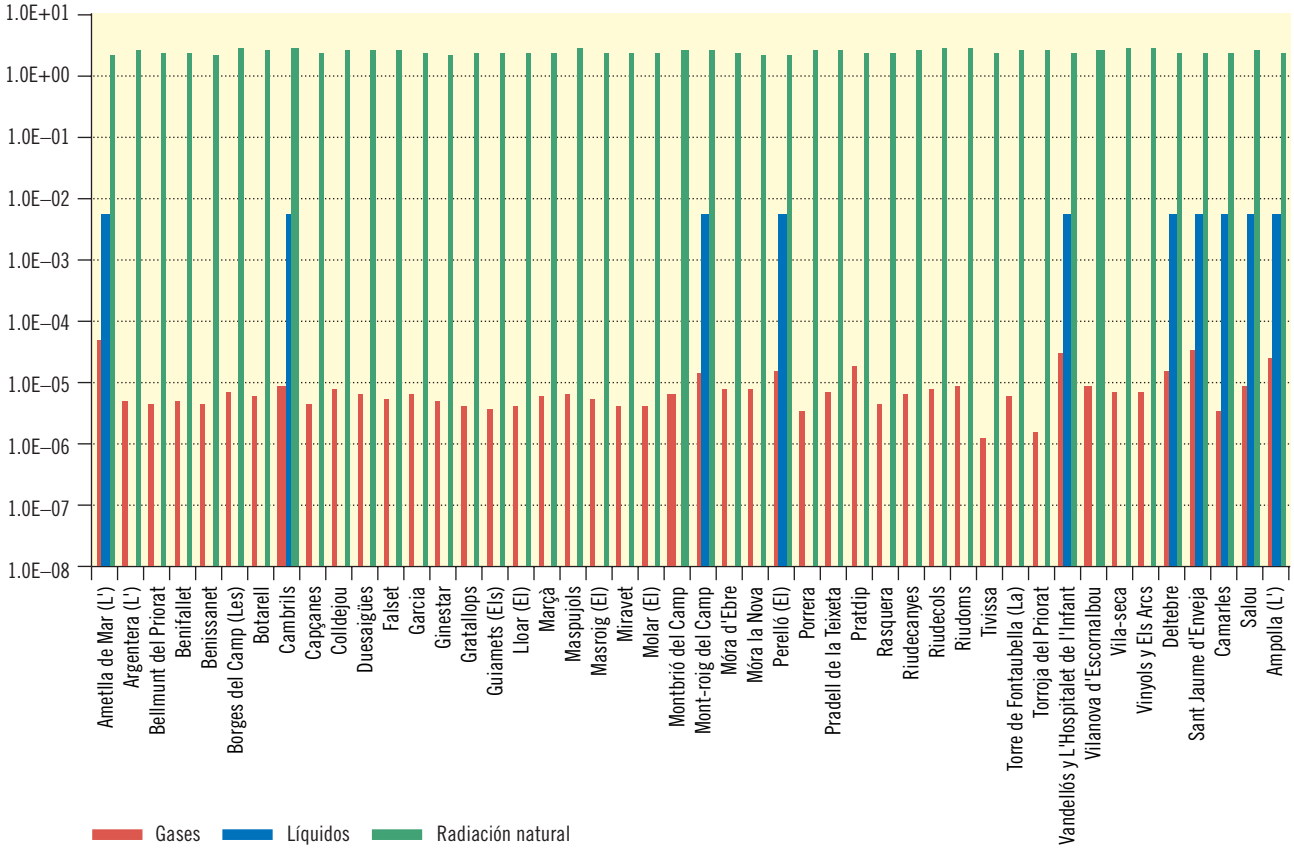


Figura 4.11. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1972-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós I por efecto de la operación de la instalación y su desmantelamiento

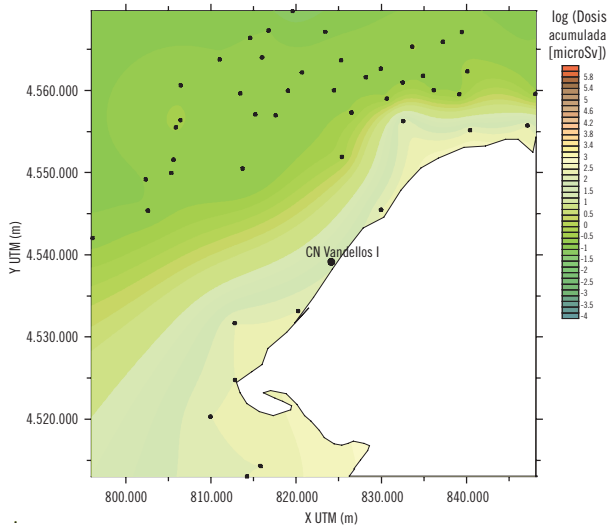
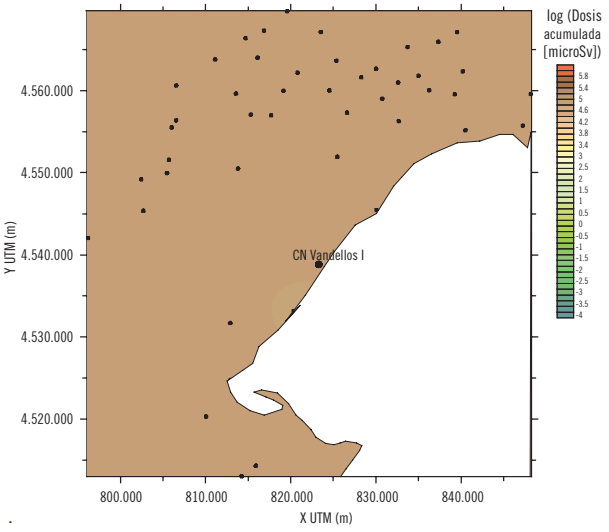


Figura 4.12. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1972-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós I por efecto de la radiación natural



1.4. Central nuclear Almaraz I y II

La central nuclear de Almaraz consiste en dos reactores de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse, cada uno con 2.727 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en mayo de 1981 (unidad I) y en octubre de 1982 (unidad II), y actualmente continúa operativa. En el anexo XI se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.13 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa. En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en las poblaciones de Almaraz y Serrejón.

La figura 4.14 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.15 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.16 muestra, de forma análoga, el valor de dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

Figura 4.13. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Almaraz y Serrejón) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

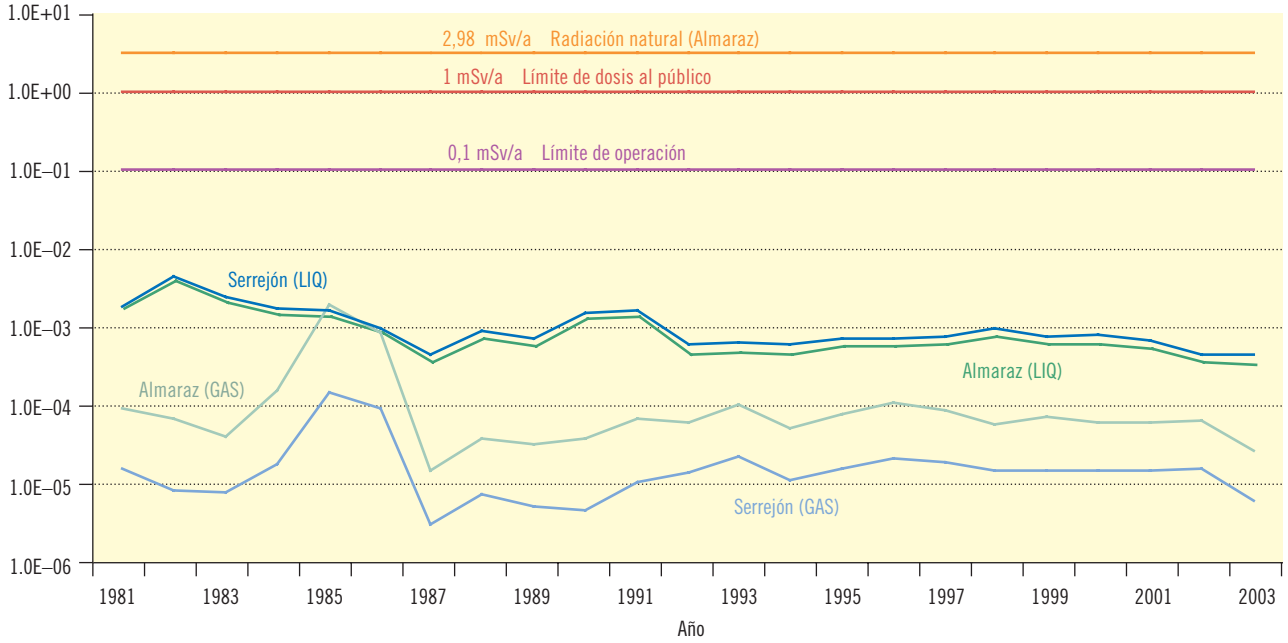


Figura 4.14. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear de Almaraz durante el año 2003

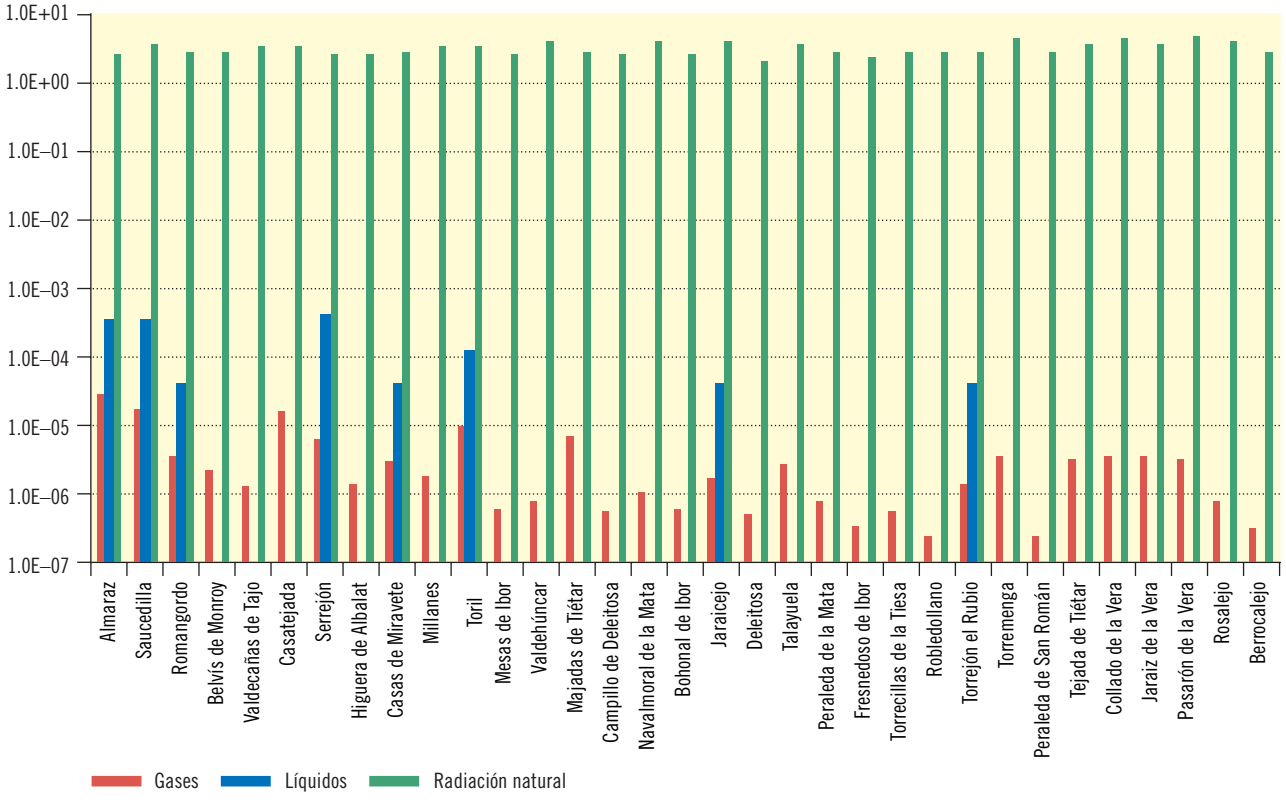


Figura 4.15. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1981-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Almaraz por efecto de la operación de la instalación

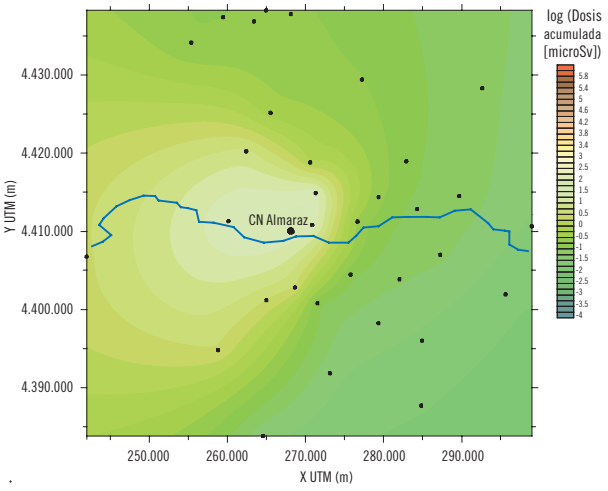
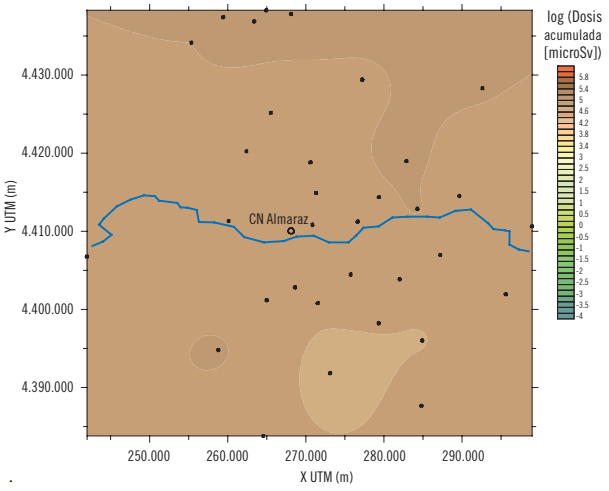


Figura 4.16. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1981-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Almaraz por efecto de la radiación natural



1.5. Central nuclear Ascó I y II

La central nuclear de Ascó consiste en dos reactores de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse, cada uno con 2.938 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en agosto de 1983 (unidad I) y en octubre de 1985 (unidad II), y continúa en la actualidad. En el anexo XII se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.17 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas (Vinebre y Flix). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Vinebre.

La figura 4.18 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.19 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.20 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

Figura 4.17. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Vinebre y Flix) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

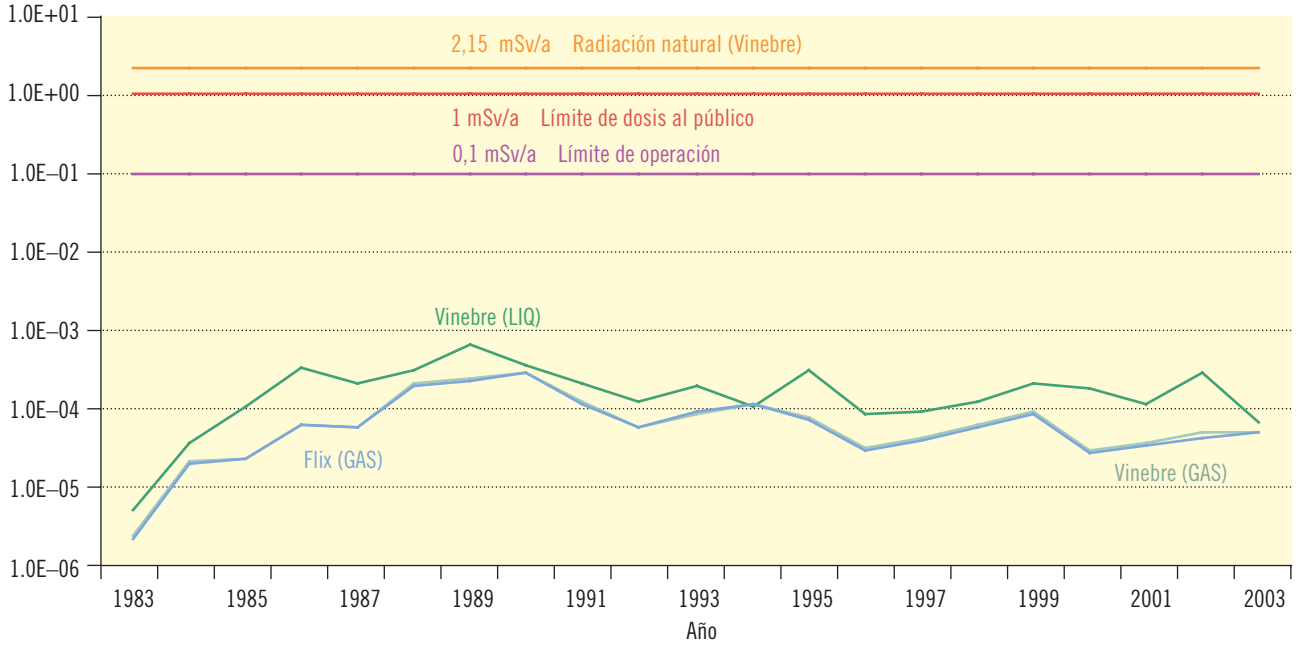


Figura 4.18. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó durante el año 2003

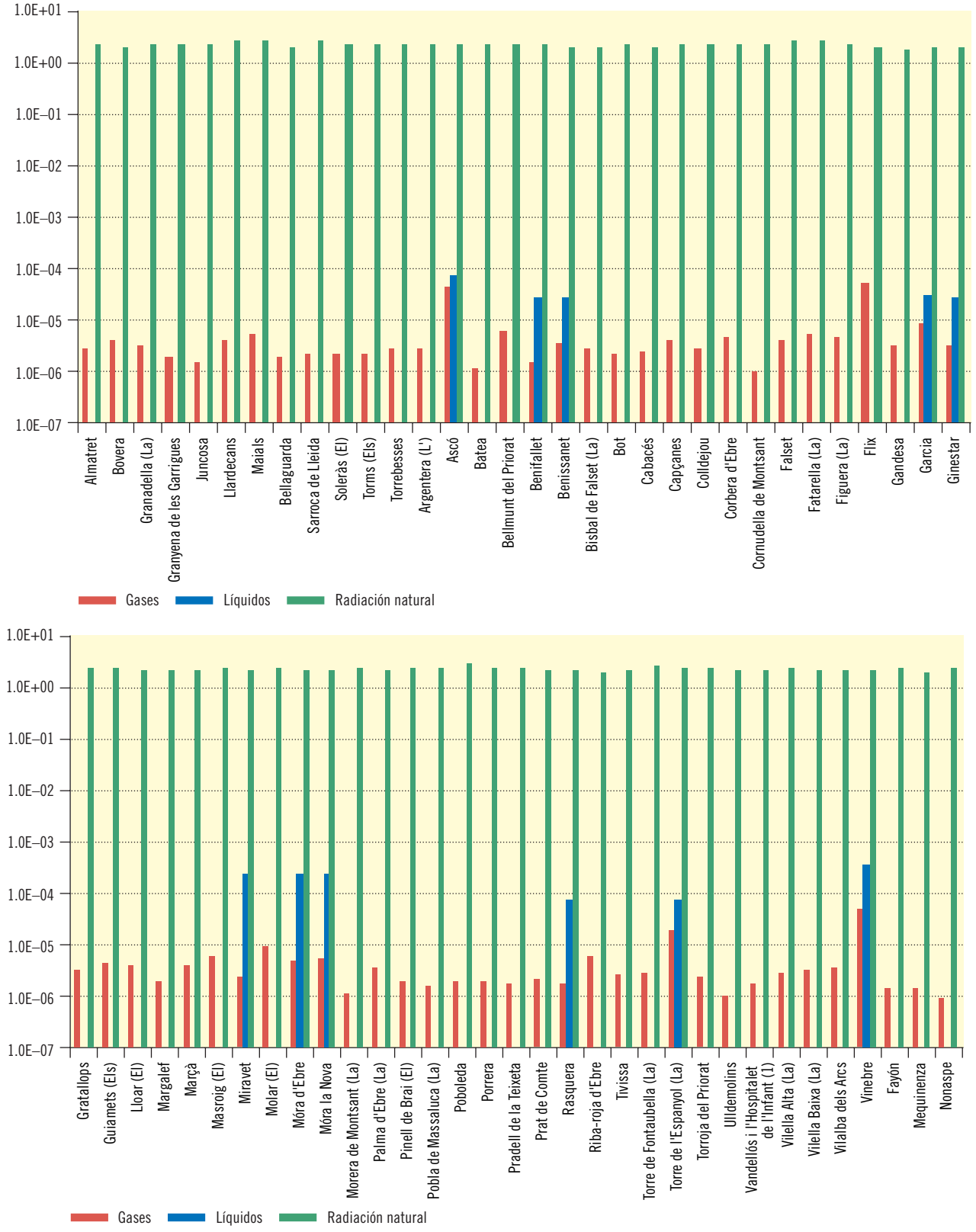


Figura 4.19. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1983-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó por efecto de la operación de la instalación

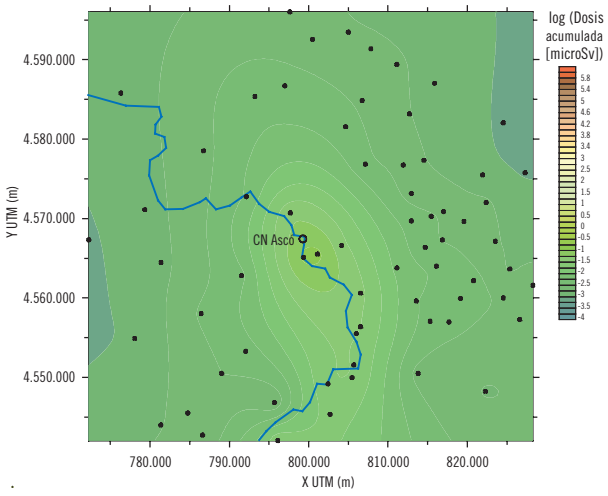
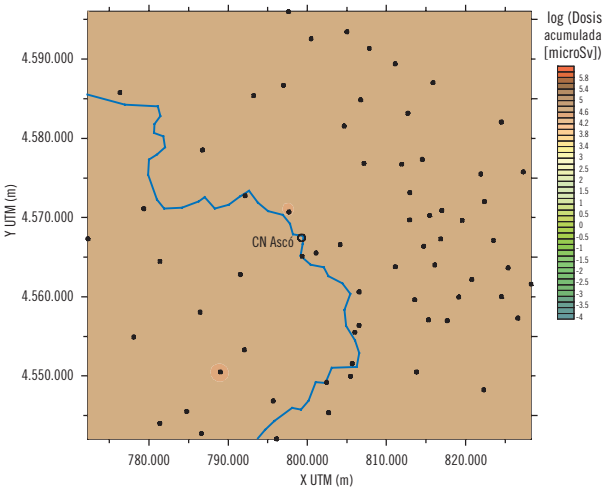


Figura 4.20. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1983-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó por efecto de la radiación natural



1.6. Central nuclear de Cofrentes

La central nuclear de Cofrentes consiste en un reactor de agua en ebullición (BWR) de General Electric, diseño BWR-6 Mark-III, con 3.032 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en octubre de 1984 y continúa actualmente. En el anexo XIII se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.21 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa (Cofrentes). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en dicha población.

La figura 4.22 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.23 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.24 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

1.7. Central nuclear Vandellós II

La central nuclear Vandellós II consiste en un reactor de agua a presión (PWR) de diseño Westinghouse, con 2.937 MW de potencia térmica, situada en un emplazamiento muy próximo al de la antigua central Vandellós I, cuya operación comenzó en noviembre de 1987 y continúa actualmente. En el anexo XIV se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

Figura 4.21. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Cofrentes) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

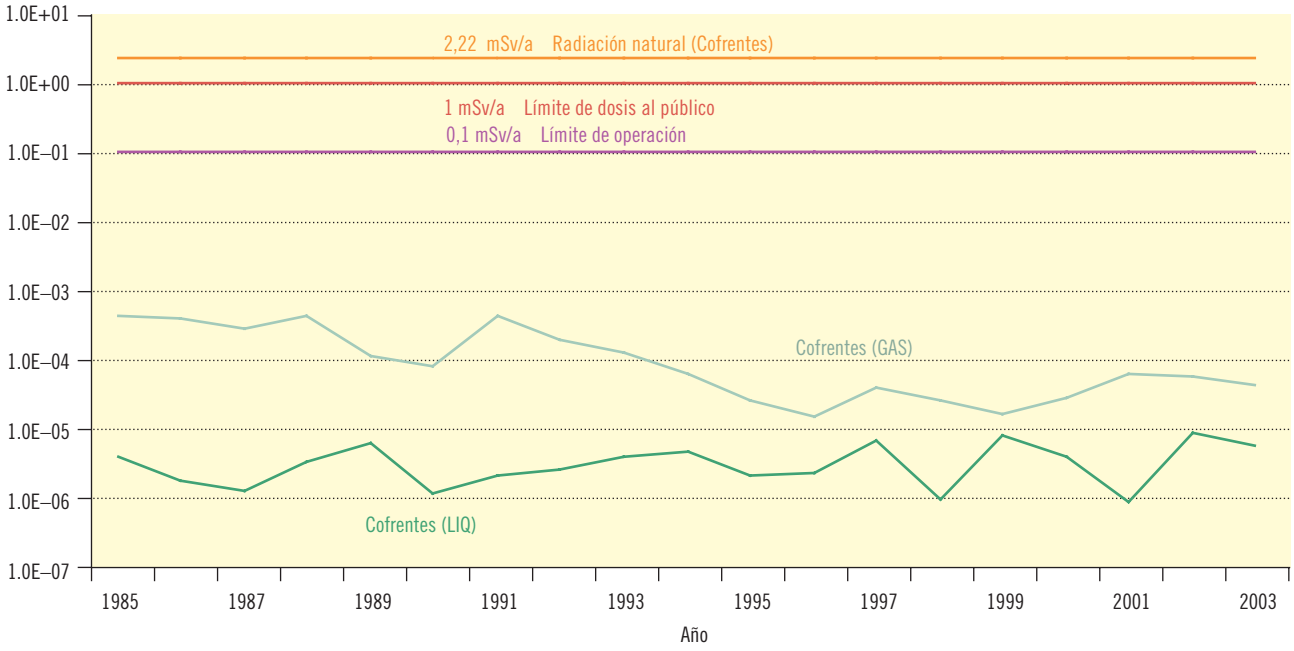


Figura 4.22. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear de Cofrentes durante el año 2003

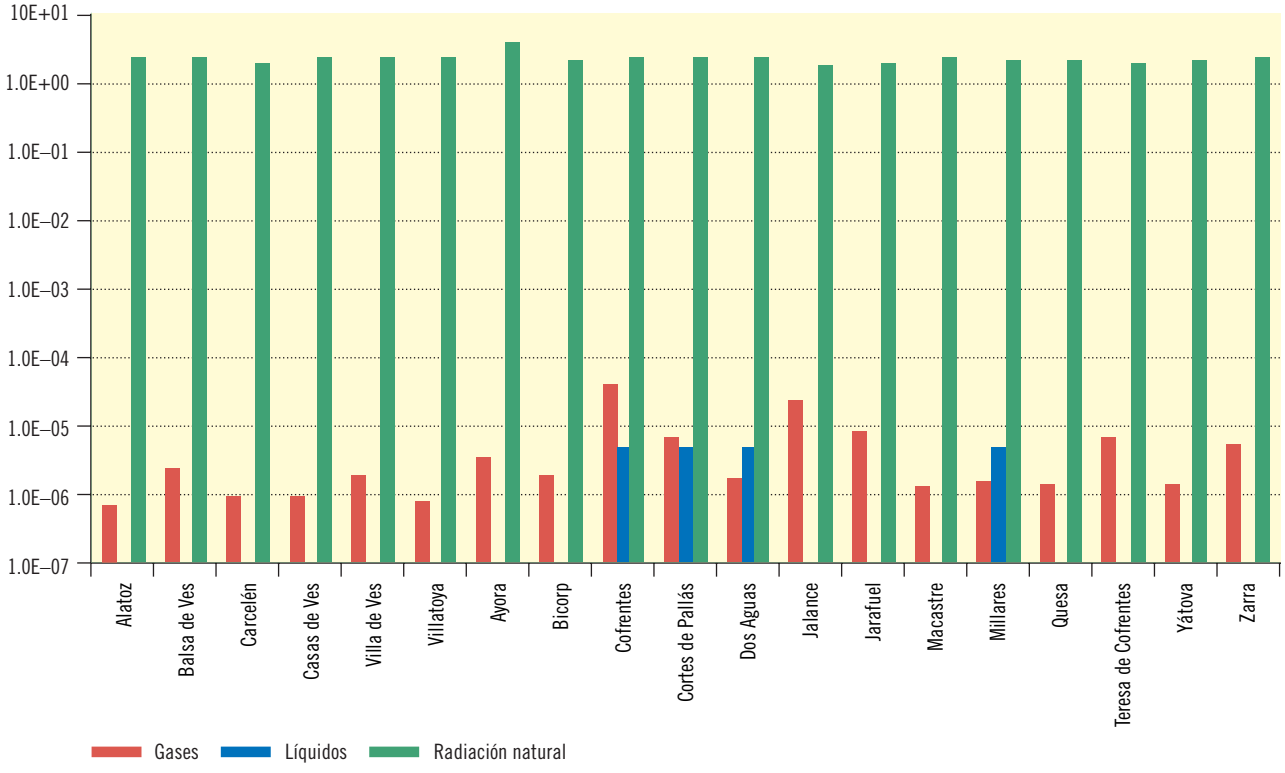


Figura 4.23. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1985-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Cofrentes por efecto de la operación de la instalación

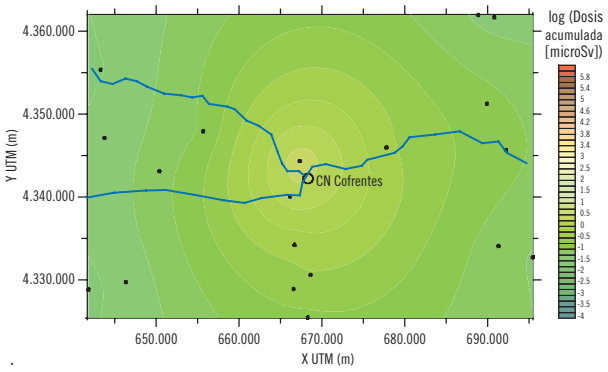


Figura 4.24. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1985-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Cofrentes por efecto de la radiación natural

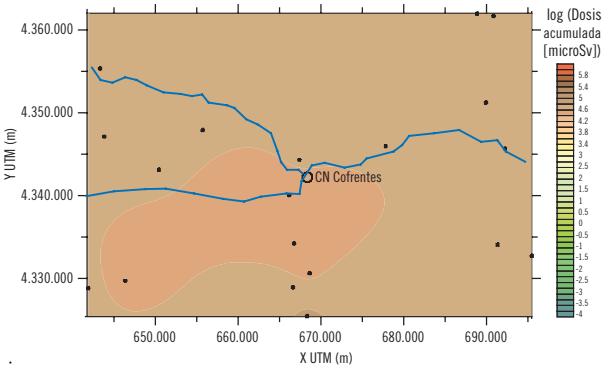
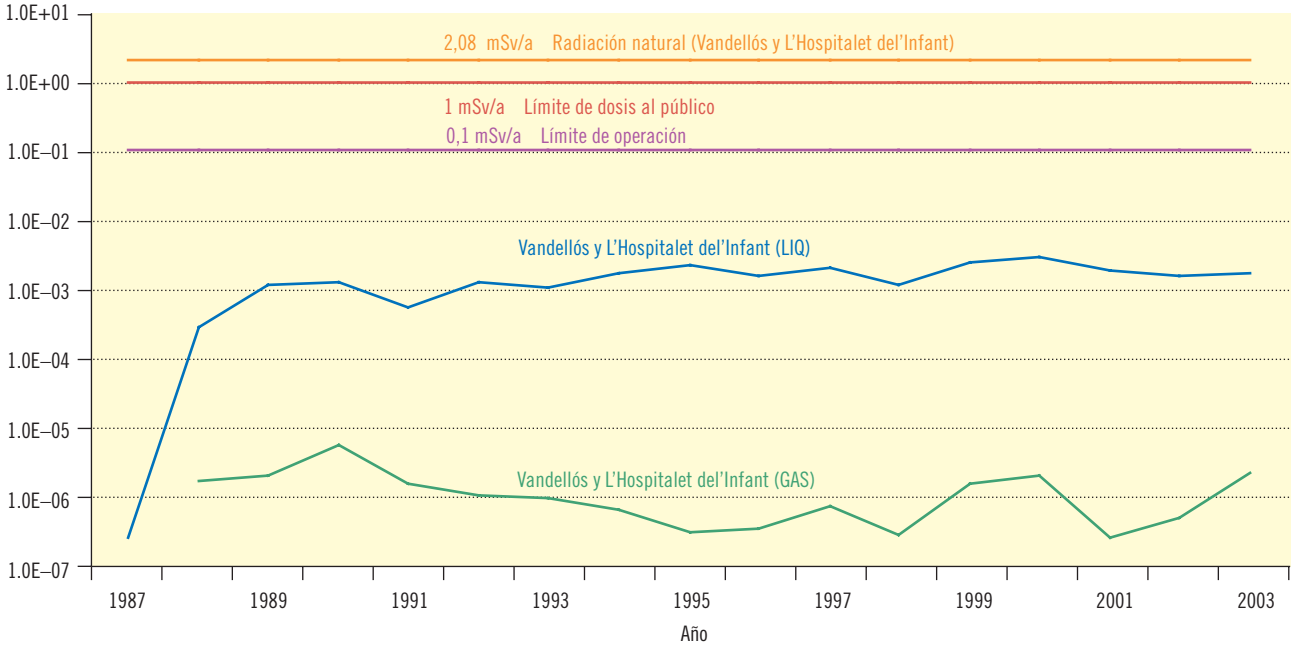


Figura 4.25. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Vandellós y Hospitalet del Infant) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural



En la figura 4.25 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa (Vandellós y Hospitalet del Infant). En esta figura se muestra también la restricción anual operacional de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en dicha población.

Figura 4.26. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós II durante el año 2003

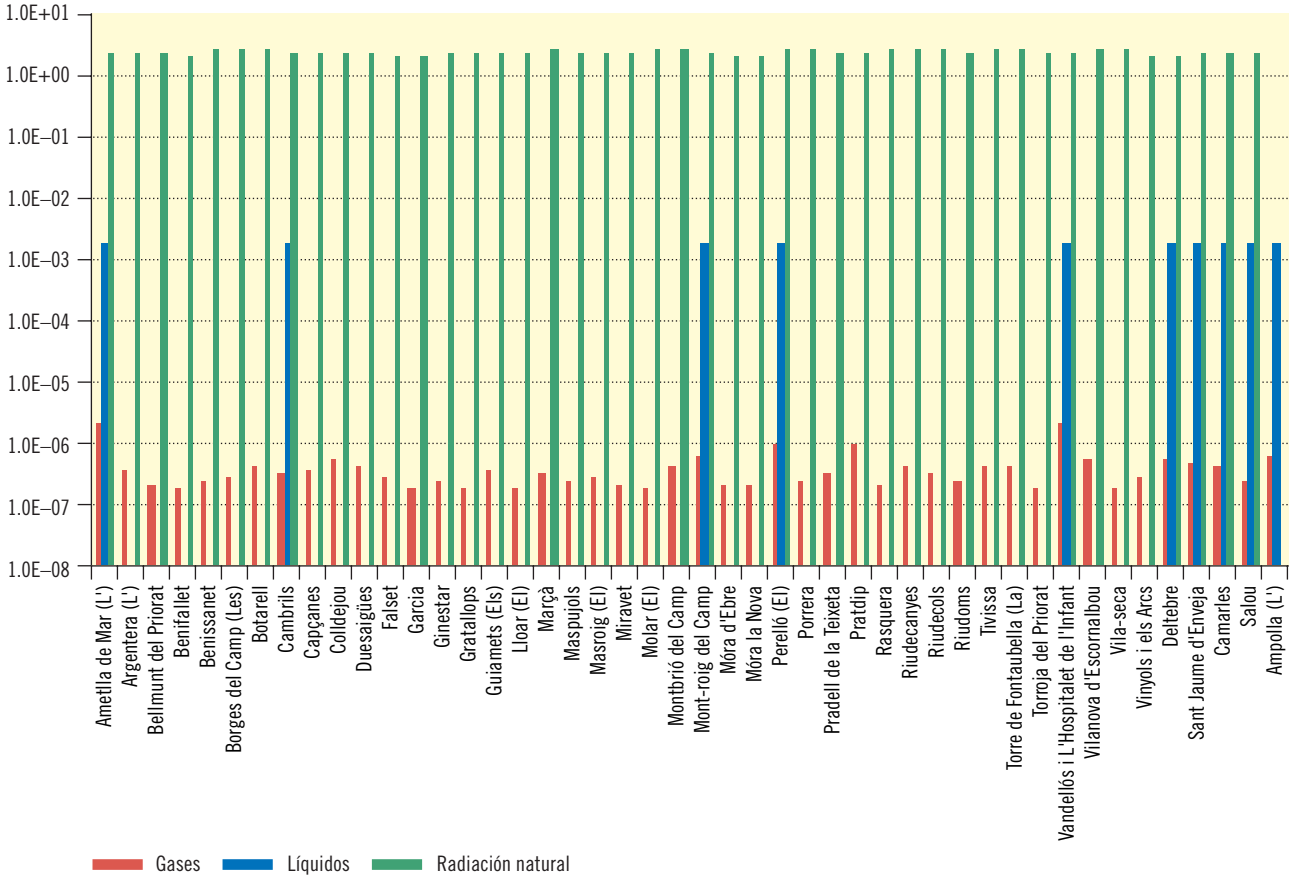


Figura 4.27. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1987-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós II por efecto de la operación de la instalación

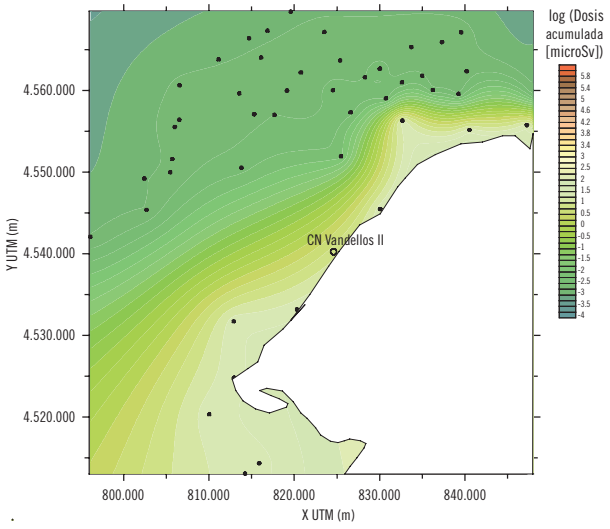
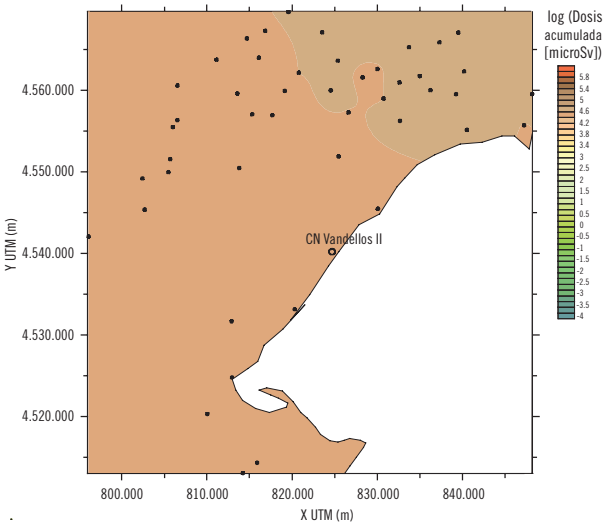


Figura 4.28. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1987-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós II por efecto de la radiación natural



La figura 4.26 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.27 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.28 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

1.8. Central nuclear de Trillo

Aunque en el proyecto inicial se contemplaba la posibilidad de construir dos unidades, la central nuclear de Trillo consta de un solo reactor (Trillo I) de agua a presión (PWR) de diseño Siemens-KWU, con 3.010 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en mayo de 1988 y continúa actualmente. En el anexo XV se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.29 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas (Pareja y Henche). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la

Figura 4.29. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Pareja y Henche) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

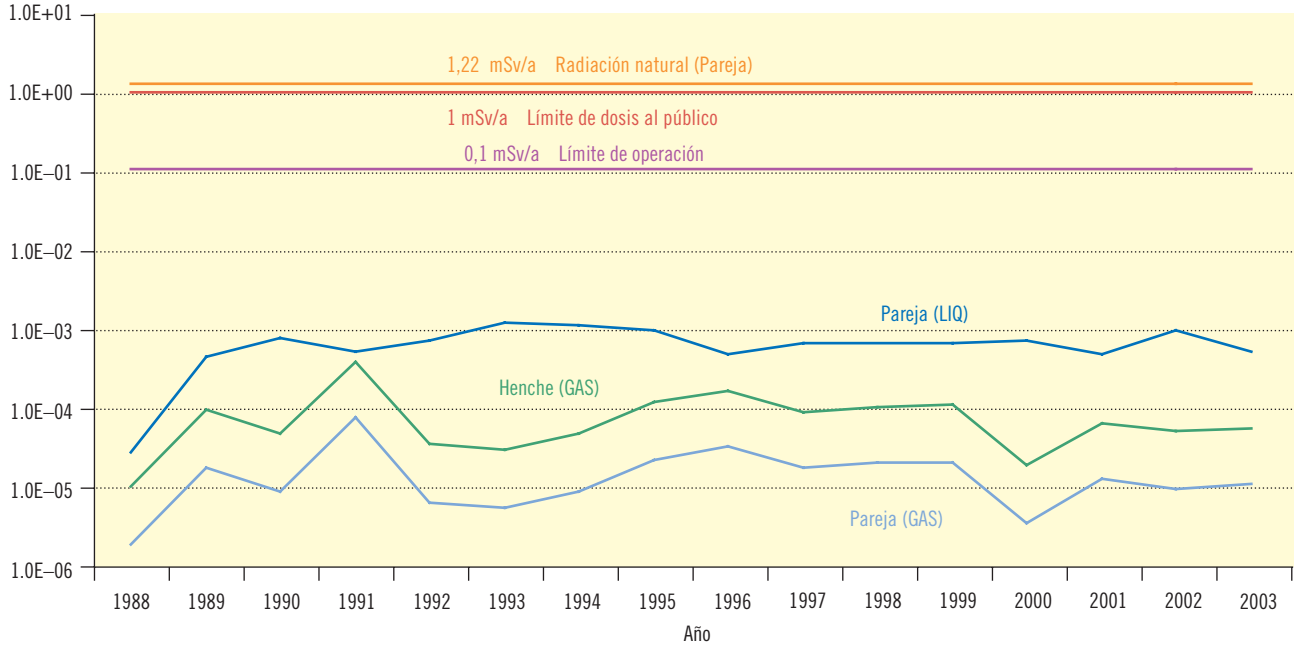
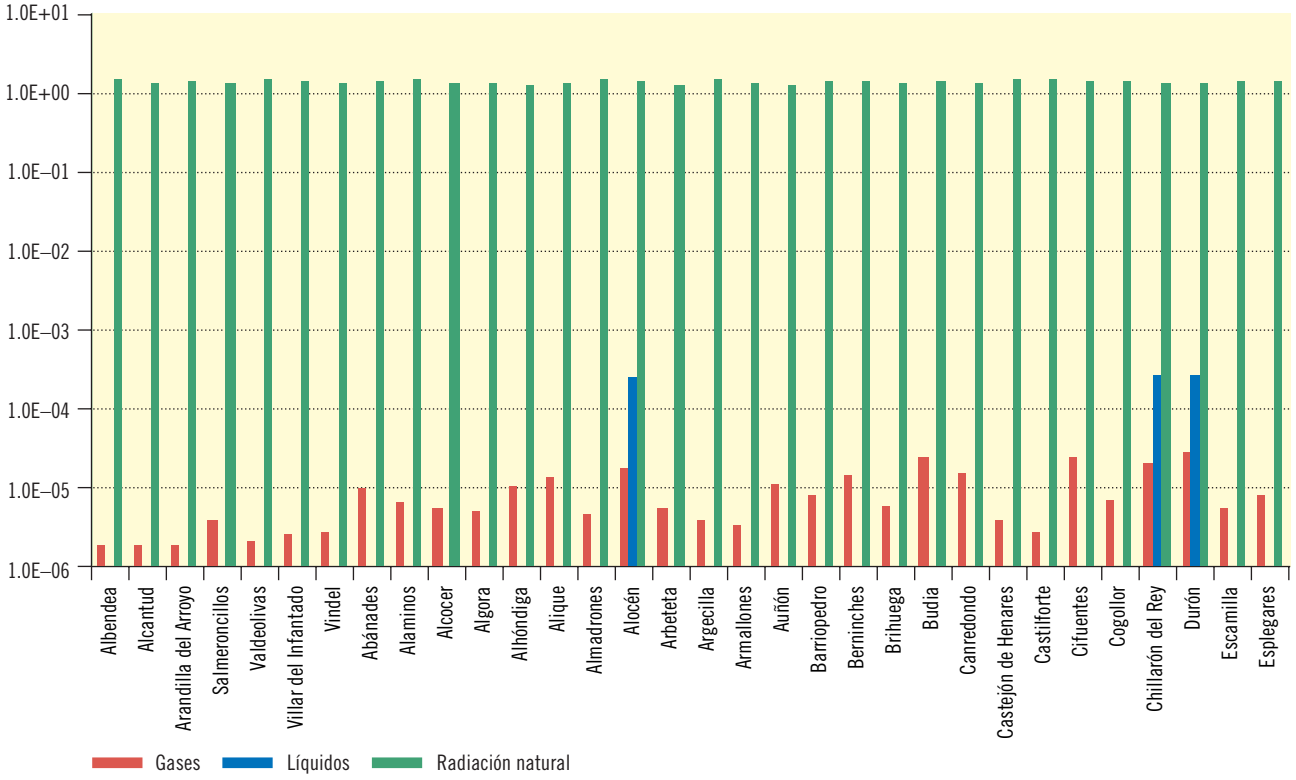


Figura 4.30. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la central nuclear de Trillo durante el año 2003



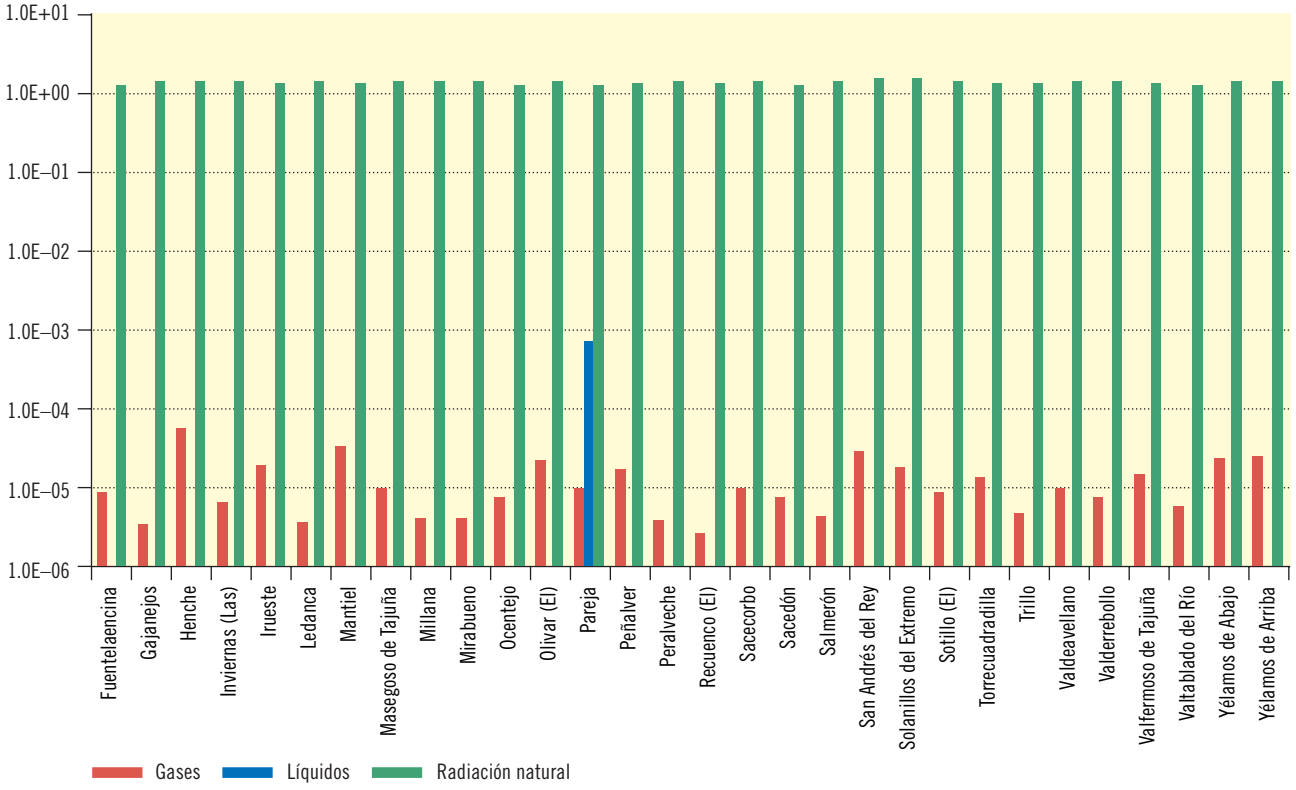


Figura 4.31. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1988-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Trillo por efecto de la operación de la instalación

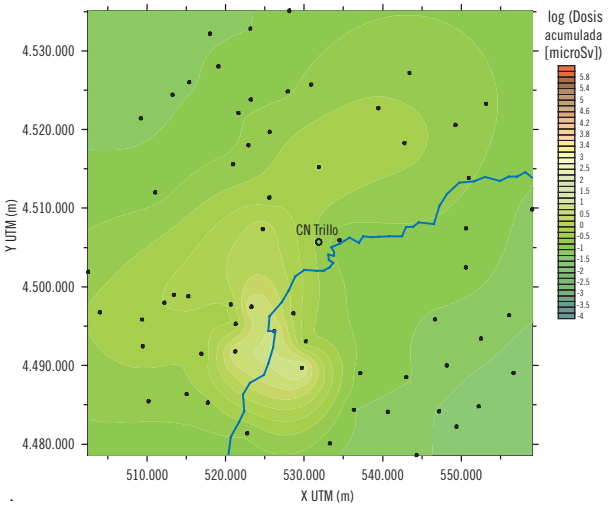
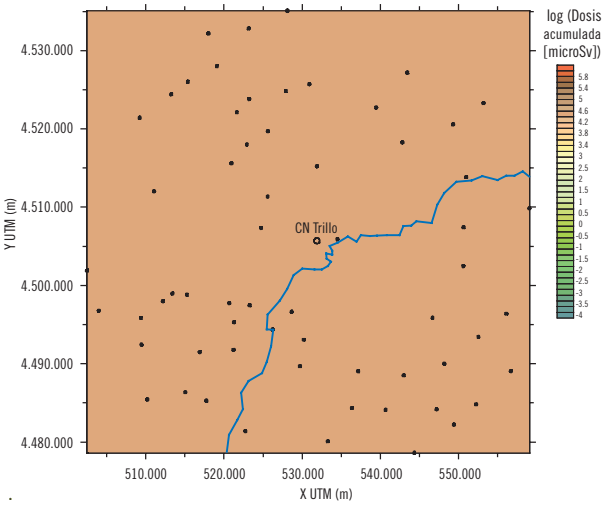


Figura 4.32. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1988-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Trillo por efecto de la radiación natural



dosis anual por radiación natural en la población de Pareja.

La figura 4.30 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.31 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.32 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

2. Instalaciones radiactivas del ciclo de combustible nuclear

2.1. Centro de almacenamiento de residuos radiactivos de media y baja actividad de El Cabril

El centro de almacenamiento de El Cabril se encuentra en la Sierra Albarrana, en la provincia de Córdoba, y su historia como lugar de almacenamiento de residuos se remonta a 1961, cuando la Junta de Energía Nuclear efectuó el traslado de los primeros bidones de residuos radiactivos a este emplazamiento, introduciéndolos en una antigua mina de uranio de la zona. Sin embargo, el centro de almacenamiento actual comenzó a construirse en 1990, inició su actividad en 1993 y sigue en período operativo. En el anexo XVI se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.33 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa (Fuente Ovejuna). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en dicha población.

La figura 4.34 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), atribuible a los efluentes gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.35 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.36 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

Figura 4.33. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Fuente Ovejuna) por efluentes gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural

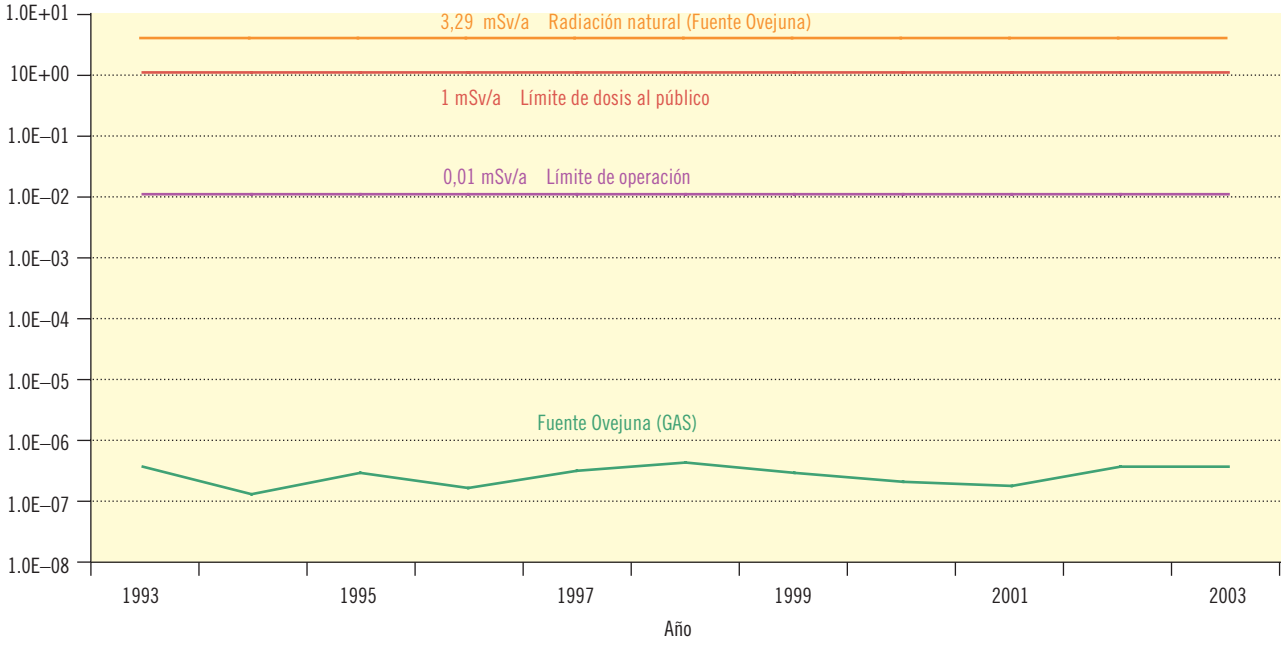


Figura 4.34. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km del centro de almacenamiento de El Cabril durante el año 2003

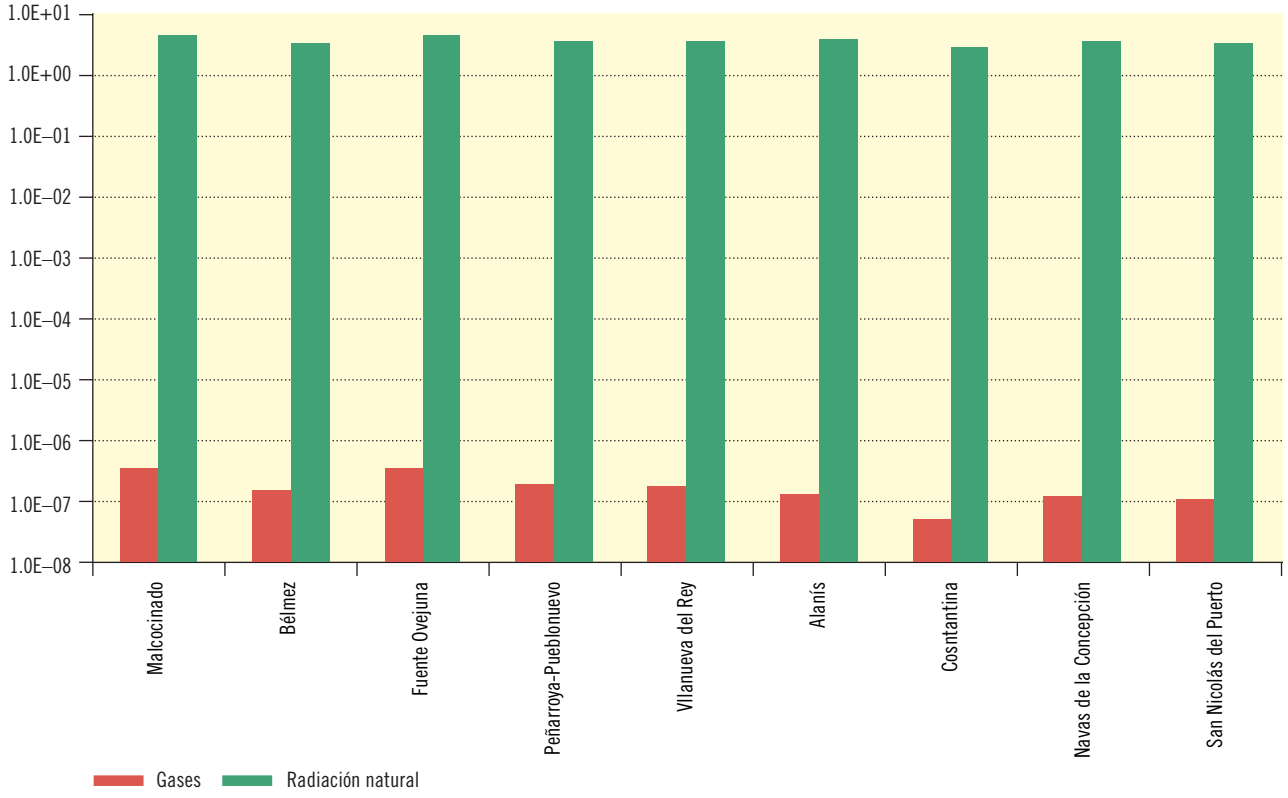


Figura 4.35. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1993-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km del centro de almacenamiento de El Cabril por efecto de la operación de la instalación

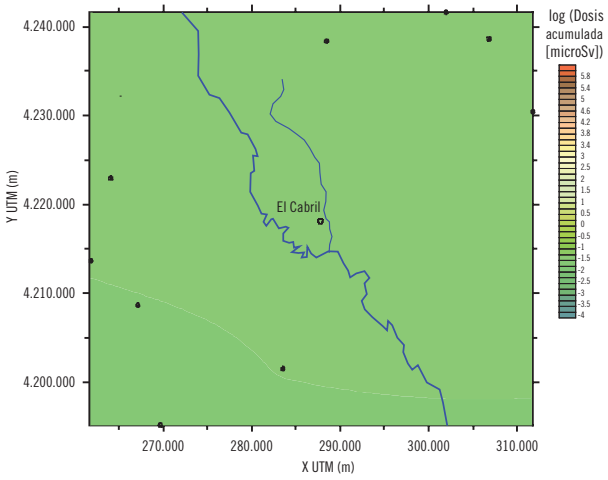
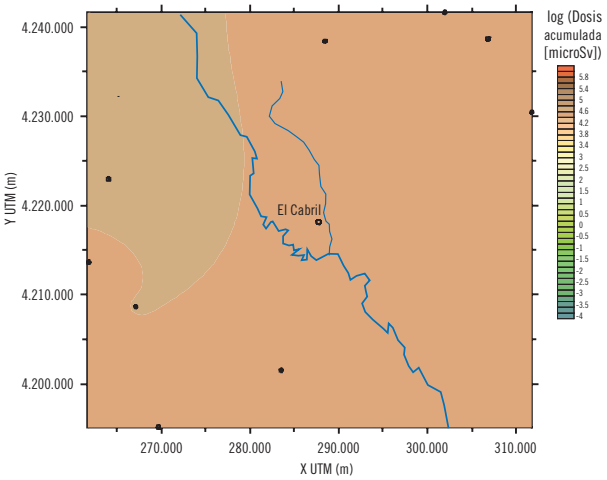


Figura 4.36. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1993-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km del centro de almacenamiento de El Cabril por efecto de la radiación natural



2.2. Fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado

La fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado comenzó su operación en 1985 y continúa en la actualidad en período de explotación comercial. En el anexo XVII se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.37 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas del entorno (Juzbado y Ledesma). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Ledesma.

La figura 4.38 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural de cada municipio.

En la figura 4.39 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.40 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

Figura 4.37. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Juzbado y Ledesma) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural en Ledesma

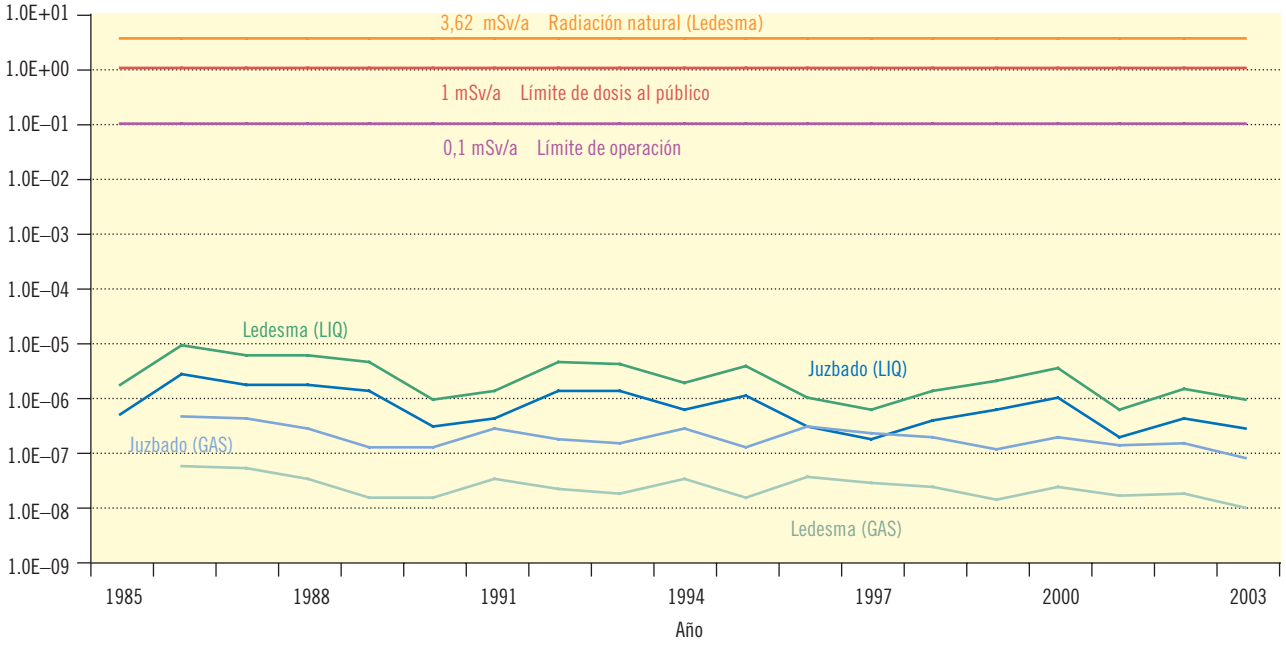


Figura 4.38. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado durante el año 2003

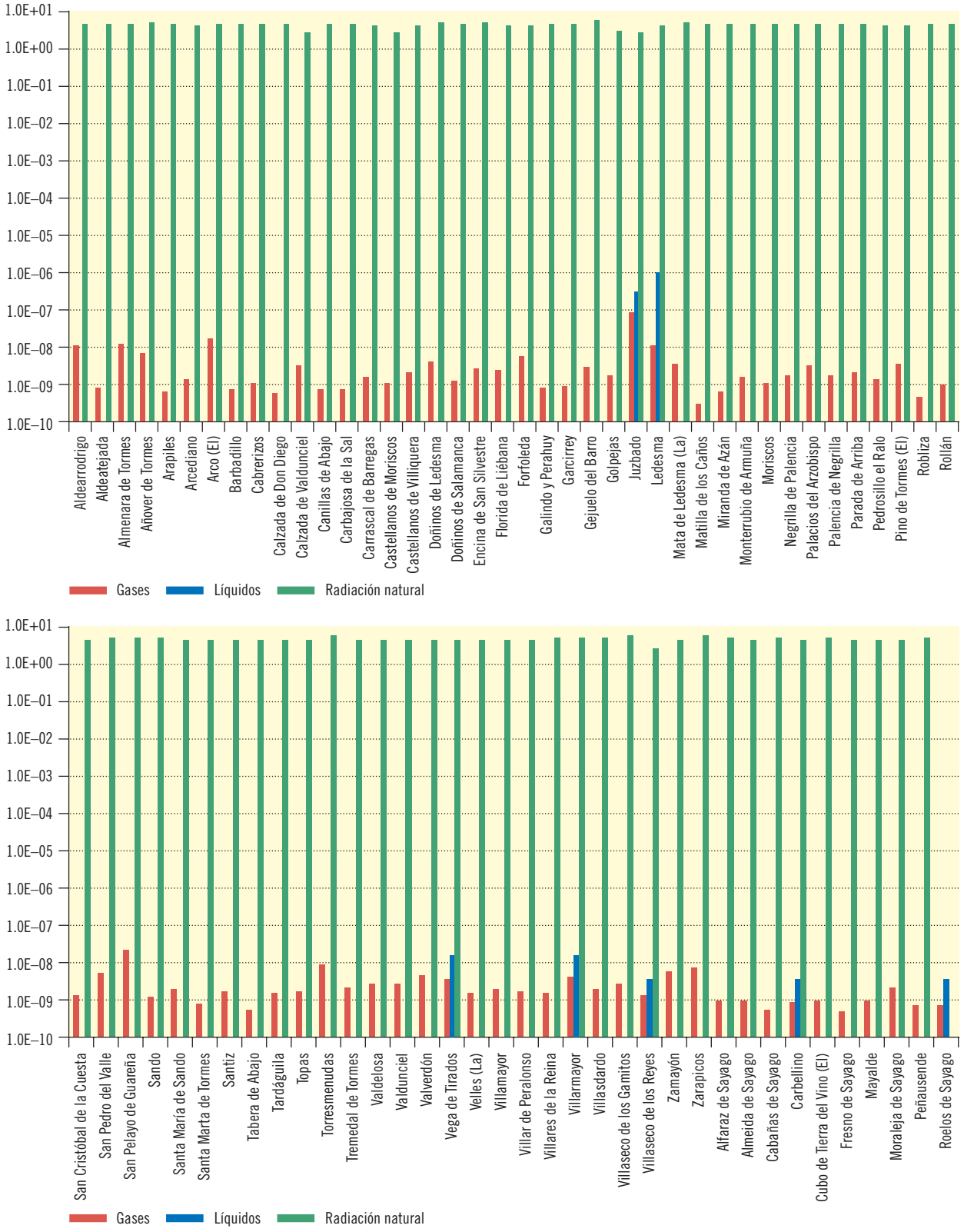


Figura 4.39. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1985-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado por efecto de la operación de la instalación

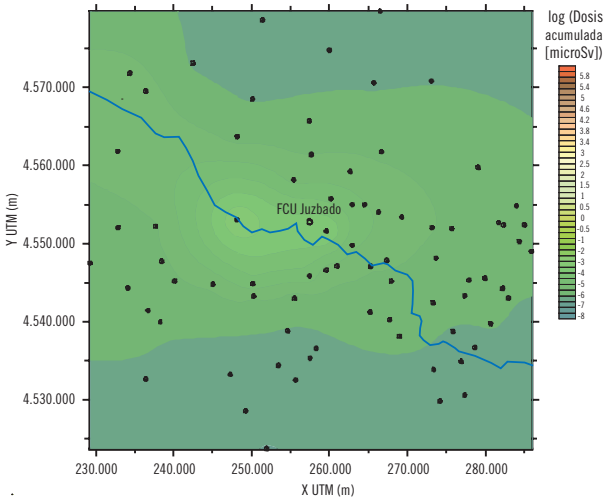
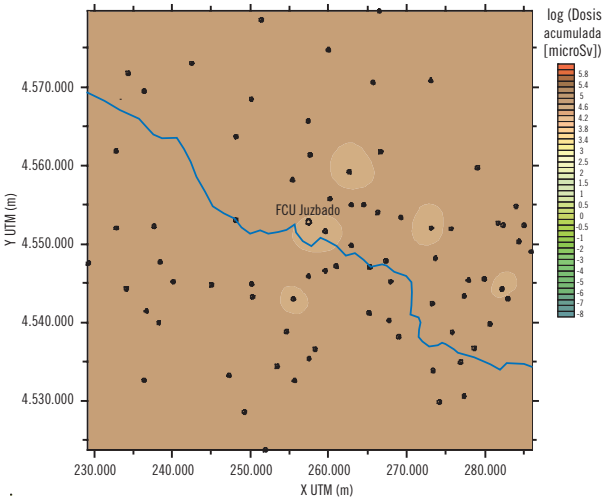


Figura 4.40. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1993-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado por efecto de la radiación natural



2.3. Fábrica de concentrados de uranio de Andújar

La fábrica de concentrados de uranio de Andújar (abreviadamente FUA), comenzó su operación en noviembre de 1959 y cesó sus actividades el 1 de julio de 1981. Desde entonces se mantuvo inactiva hasta febrero de 1991, fecha en que se iniciaron los trabajos de desmantelamiento y acondicionamiento, que se extendieron hasta junio de 1994. Desde entonces, se encuentra en fase de clausura y vigilancia radiológica. En el anexo XVIII se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.41 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en la población más significativa del entorno (Andújar). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación Quercus (instalación semejante a la FUA), el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Andújar.

La figura 4.42 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año completo en que la instalación estuvo operativa durante el período de estudio (año 1980), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural en cada municipio.

En la figura 4.43 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Finalmente, la figura 4.44 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

Figura 4.41. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en la población más significativa (Andújar) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores en la planta Quercus y con el nivel de radiación natural en Andújar

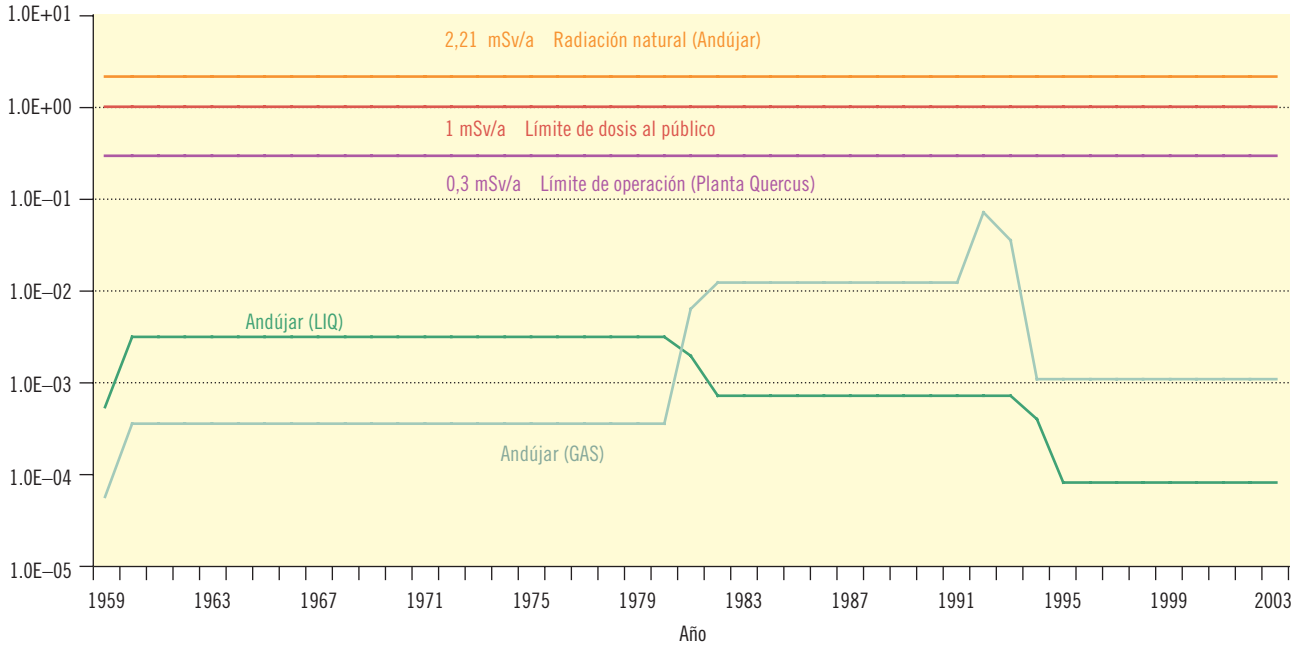


Figura 4.42. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la fábrica de concentrados de uranio de Andújar durante el año 1980

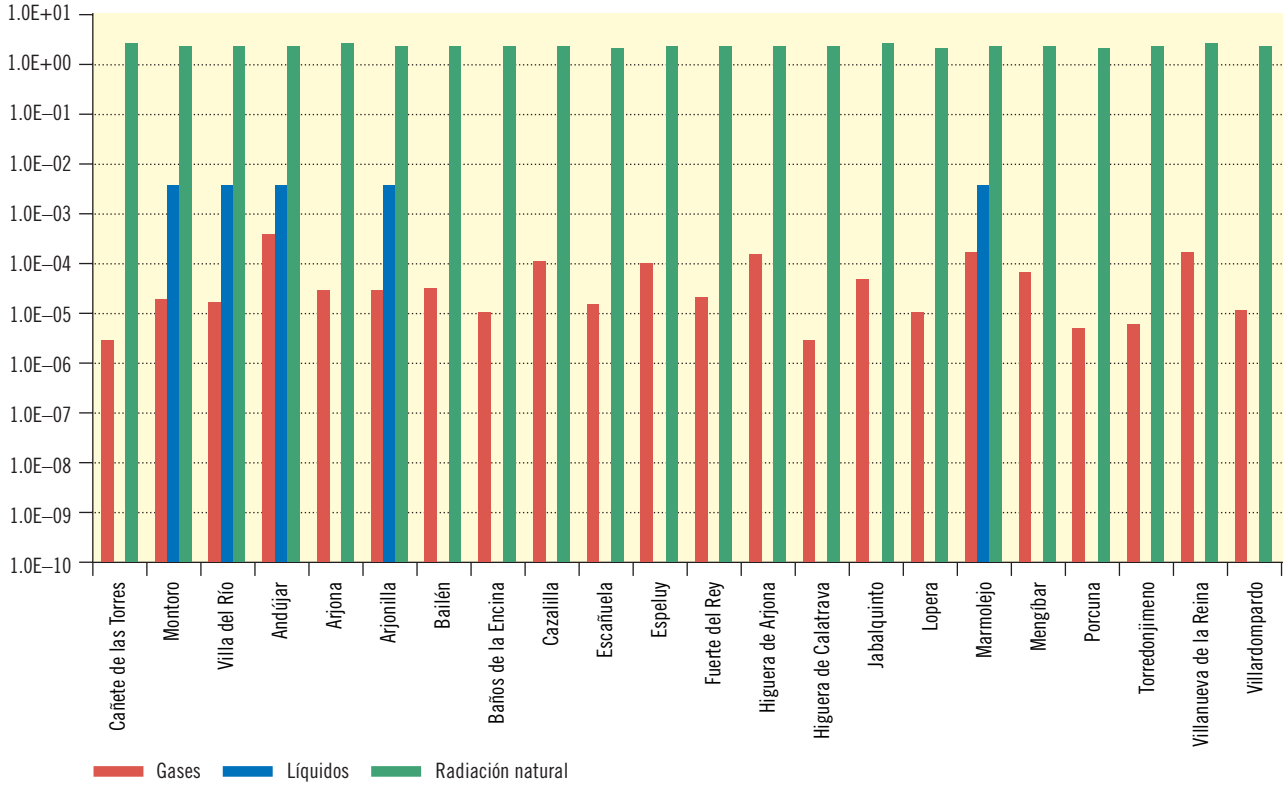


Figura 4.43. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1959-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la fábrica de concentrados de uranio de Andújar por efecto de la operación de la instalación

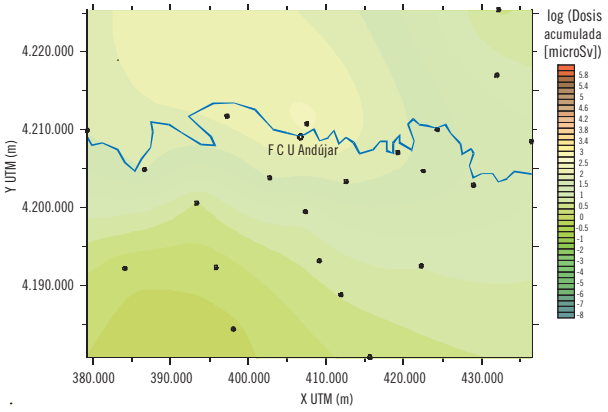


Figura 4.44. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1959-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la fábrica de concentrados de uranio de Andújar por efecto de la radiación natural

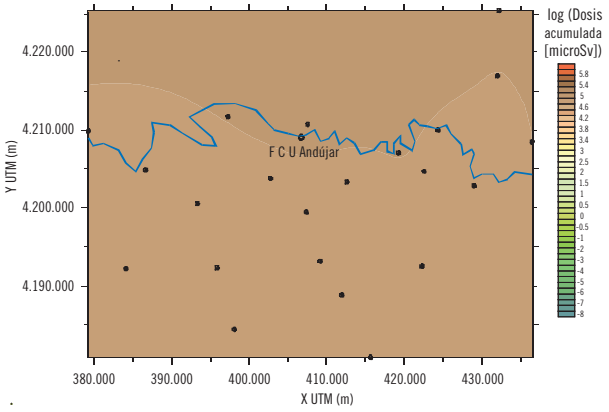
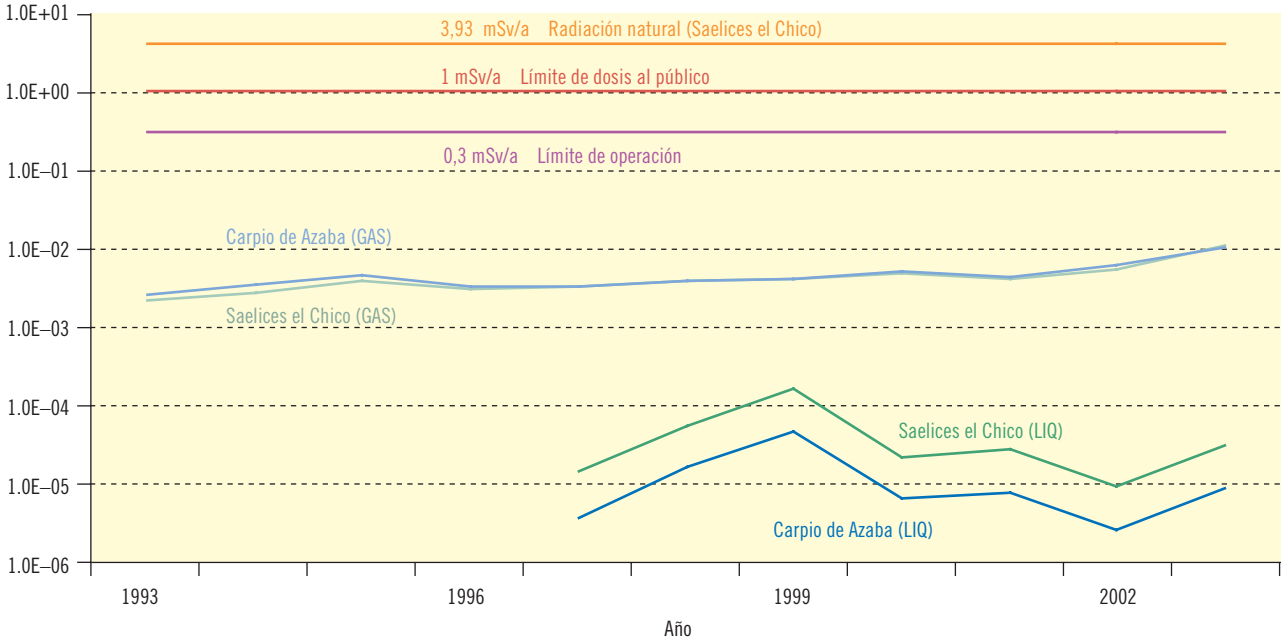


Figura 4.45. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Saelices el Chico y Carpio de Azaba) por efluentes líquidos y gaseosos de la instalación Quercus. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural en la población de Saelices el Chico



2.4. Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio

La planta Quercus está situada en el centro minero de Saelices el Chico en la provincia de Salamanca, y se dedicó a la fabricación de concentrados de uranio mediante lixiviación dinámica en celdas. La instalación comenzó a operar el año 1993 y desde 2003 se encuentra, desde la declaración ministerial de su cese definitivo de operaciones, en situación de parada. En el momento actual, las actividades de la instalación están dedicadas al tratamiento de efluentes líquidos para su acondicionamiento y vertido, siendo nula la producción de concentrados de uranio. En el anexo XIX se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.45 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas del entorno (Saelices el Chico y Carpio de Azaba). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Saelices el Chico.

La figura 4.46 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural en cada municipio.

En la figura 4.47 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en µSv.

Figura 4.46. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la planta Quercus durante el año 2003

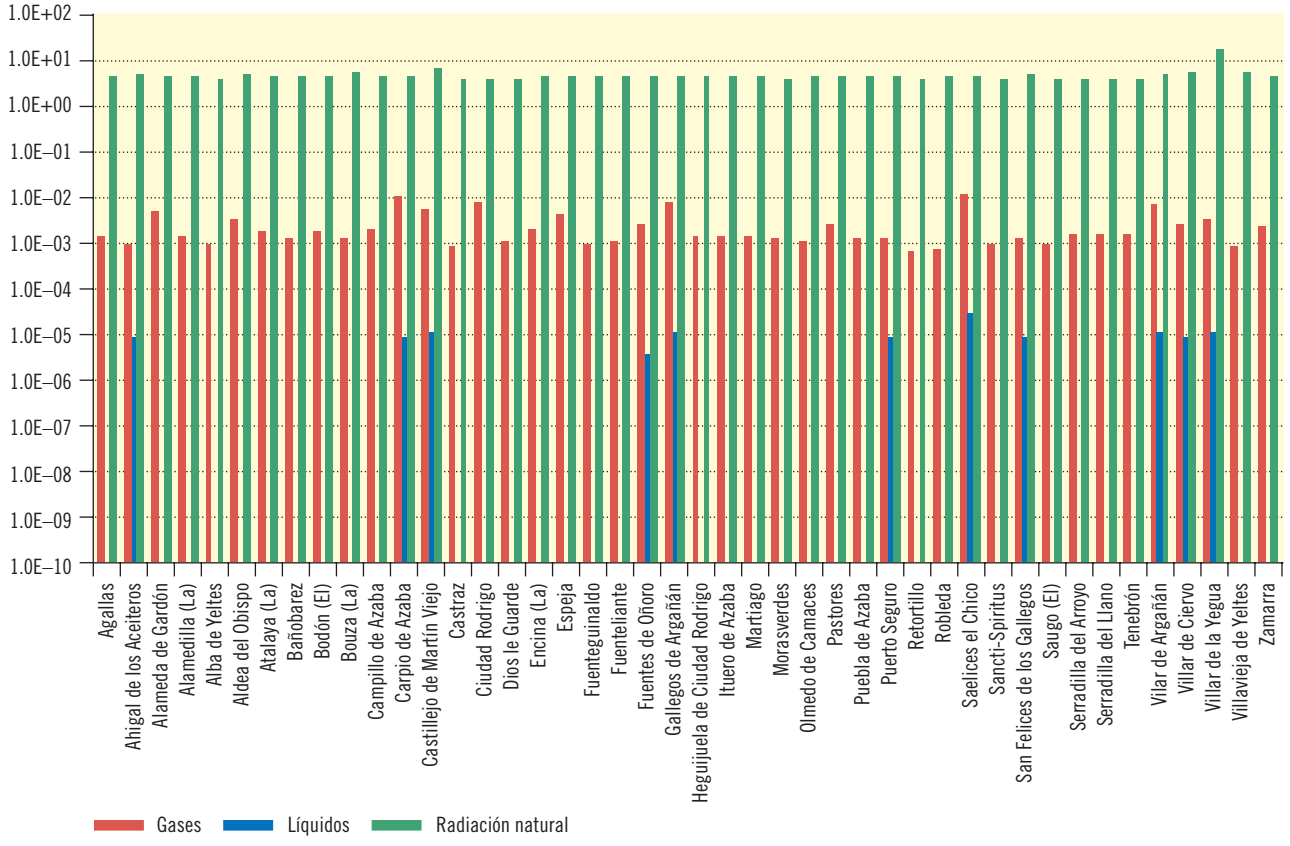


Figura 4.47. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1993-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Quercus por efecto de la operación de la instalación

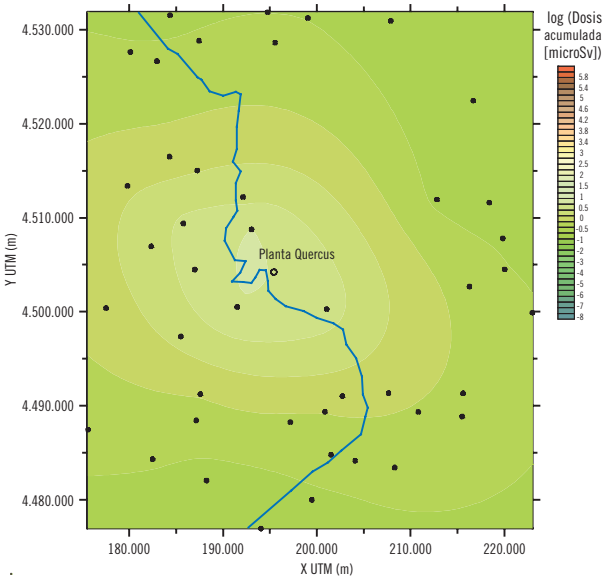


Figura 4.48. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1993-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Quercus por efecto de la radiación natural

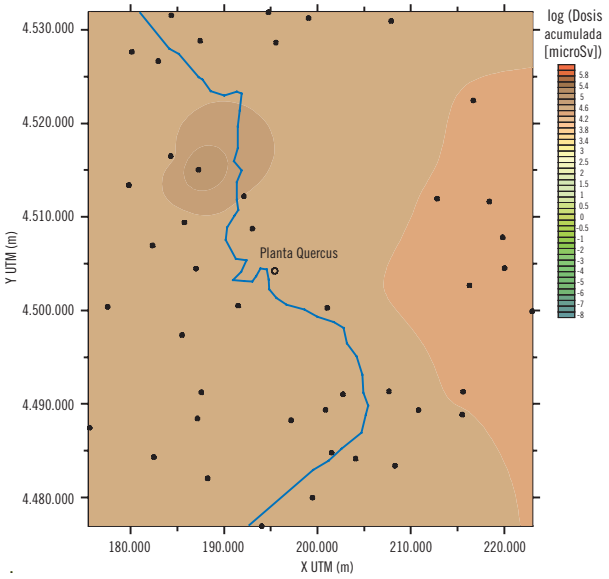
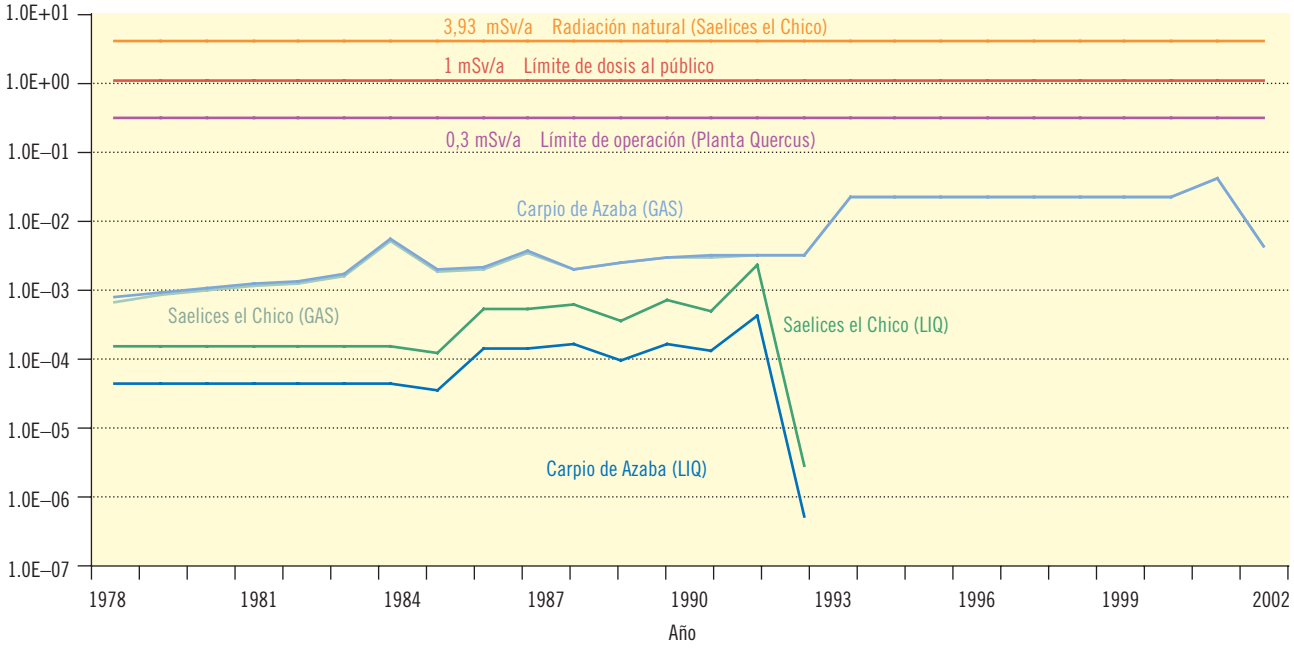


Figura 4.49. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Saelices el Chico y Carpio de Azaba) por efluentes líquidos y gaseosos de la instalación Elefante. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural en la población de Saelices el Chico



Finalmente, la figura 4.48 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

2.5. Planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio

La planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio está situada en el mismo emplazamiento del centro minero de Saelices el Chico que la instalación Quercus. El proceso de fabricación de concentrados era de lixiviación sobre las propias eras de mineral. La planta Elefante comenzó a operar el año 1978 y su parada tuvo lugar en 1993. Los trabajos de desmantelamiento y acondicionamiento tuvieron lugar entre 2001 y 2004 quedando la planta, desde el año 2006, en situación de vigilancia radiológica durante el período de cumplimiento. En el anexo XX se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.49 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas del entorno (Saelices el Chico y Carpio de Azaba). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación Quercus, el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Saelices el Chico.

La figura 4.50 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año de operación completa de la instalación (año 1992), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural en cada municipio.

En la figura 4.51 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Finalmente, la figura 4.52 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en μSv.

2.6. Planta Lobo-G de fabricación de concentrados de uranio

La planta de fabricación de concentrados de uranio Lobo G estaba situada en el término municipal de La Haba (Badajoz). La instalación inició su operación en 1977 y cesó en 1990. En el año 1995 fue autorizado su plan de desmantelamiento y clausura. Finalizadas las actividades de desmantelamiento y estabilización de los estériles en julio de 1997, se aprobó el comienzo del período de cumplimiento de cinco años de duración. Finalmente, en agosto de 2004 se declaró la clausura del emplazamiento restaurado de la instalación a la vez que se establecía un programa de vigilancia y control a largo plazo del dique de estériles. En el anexo XXI se recogen todos los detalles sobre los resultados relativos a esta instalación.

En la figura 4.53 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período de estudio en las poblaciones más significativas del entorno (Medellín y Magacela). En esta figura se muestra también la restricción operacional anual de dosis de la instalación Quercus (similar), el límite anual de dosis al público según el RPSRI vigente y la dosis anual por radiación natural en la población de Medellín.

La figura 4.54 muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año de operación completa de la instalación (año 1989), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural en cada municipio.

En la figura 4.55 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Nótese que los valores de dosis están recogidos en μSv.

Figura 4.50. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la planta Elefante durante el año 1992

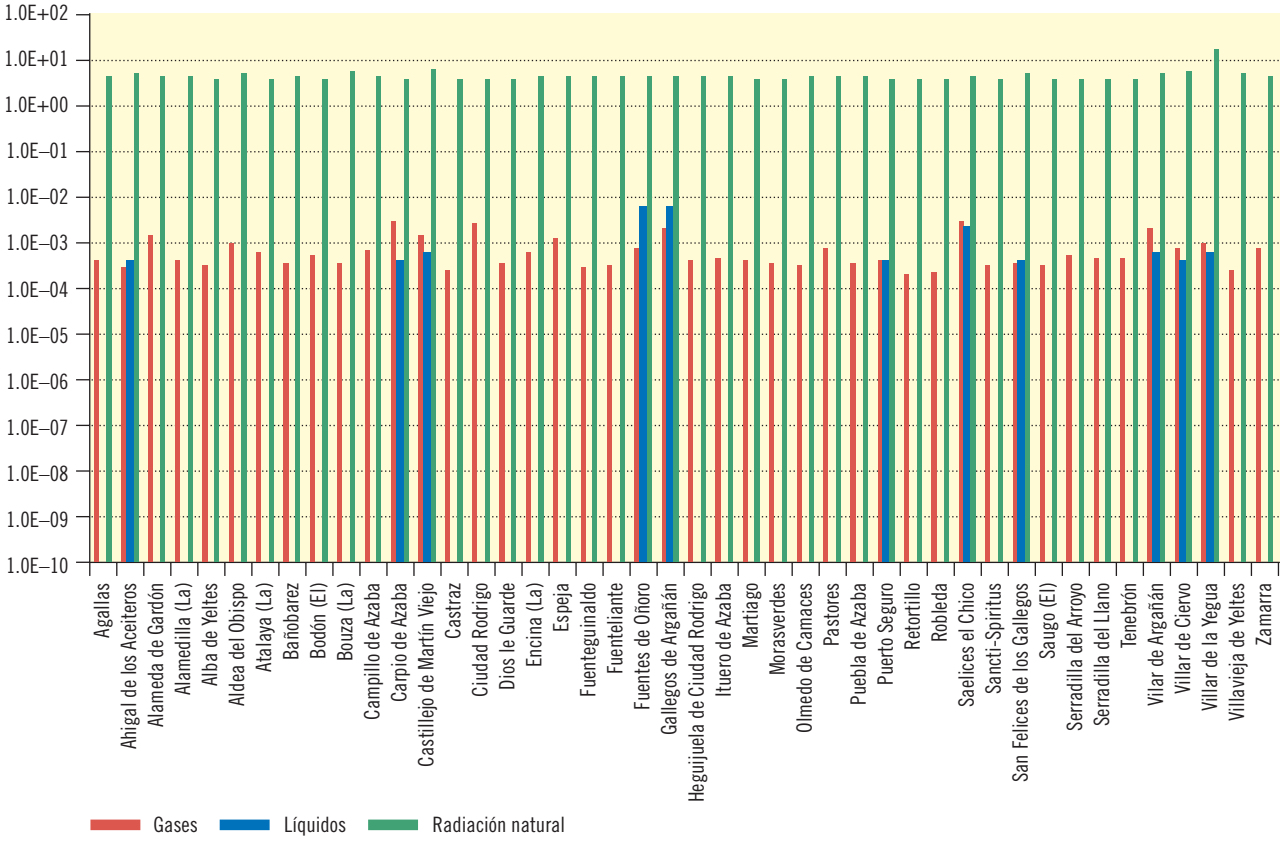


Figura 4.51. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1978-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Elefante por efecto de la operación de la instalación

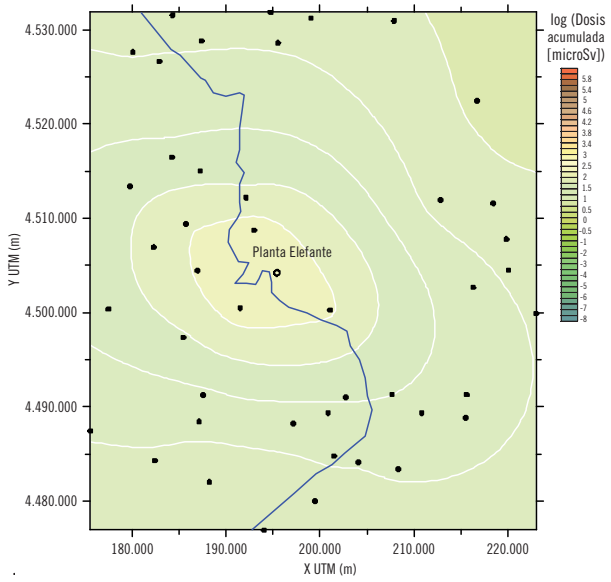


Figura 4.52. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1978-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Elefante por efecto de la radiación natural

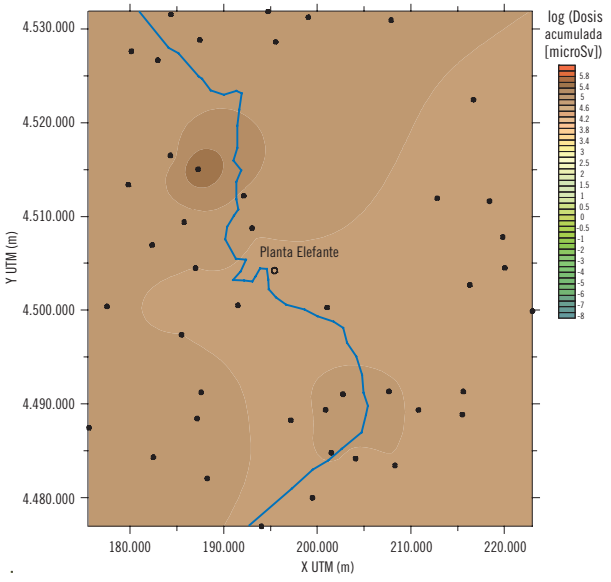


Figura 4.53. Evolución de la dosis efectiva anual (mSv/a) en las poblaciones más significativas (Medellín y Magacela) por efluentes líquidos y gaseosos. Comparación con los límites reguladores y con el nivel de radiación natural en la población de Medellín

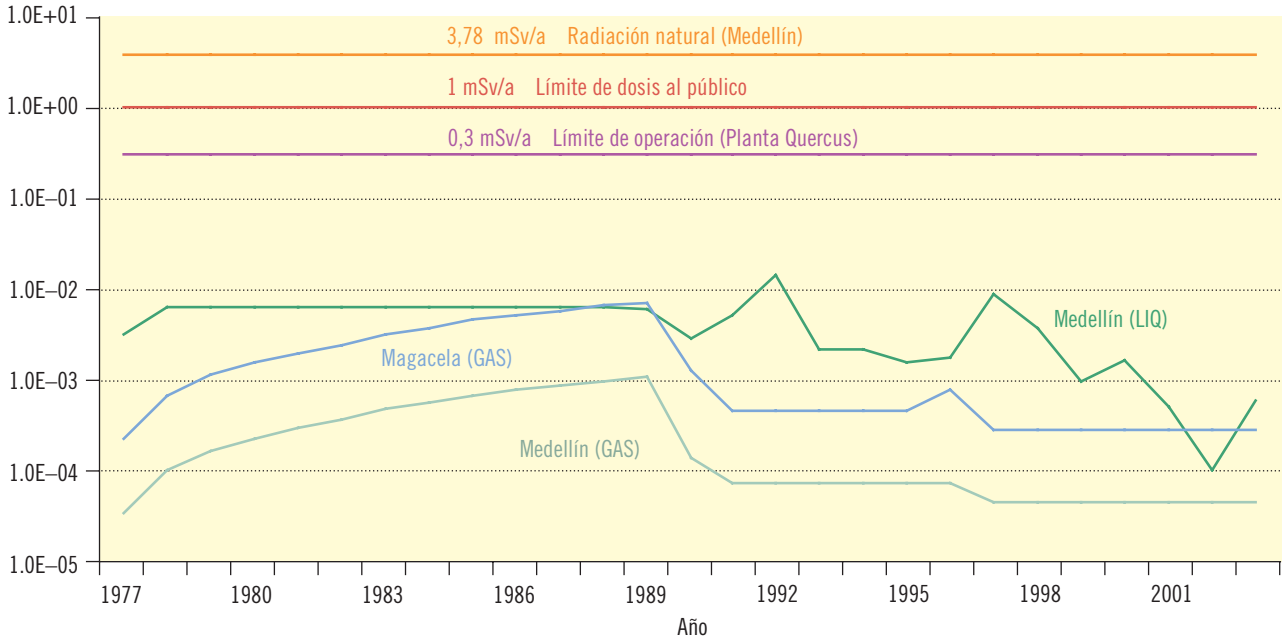


Figura 4.54. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km de la planta Lobo-G durante el año 1989

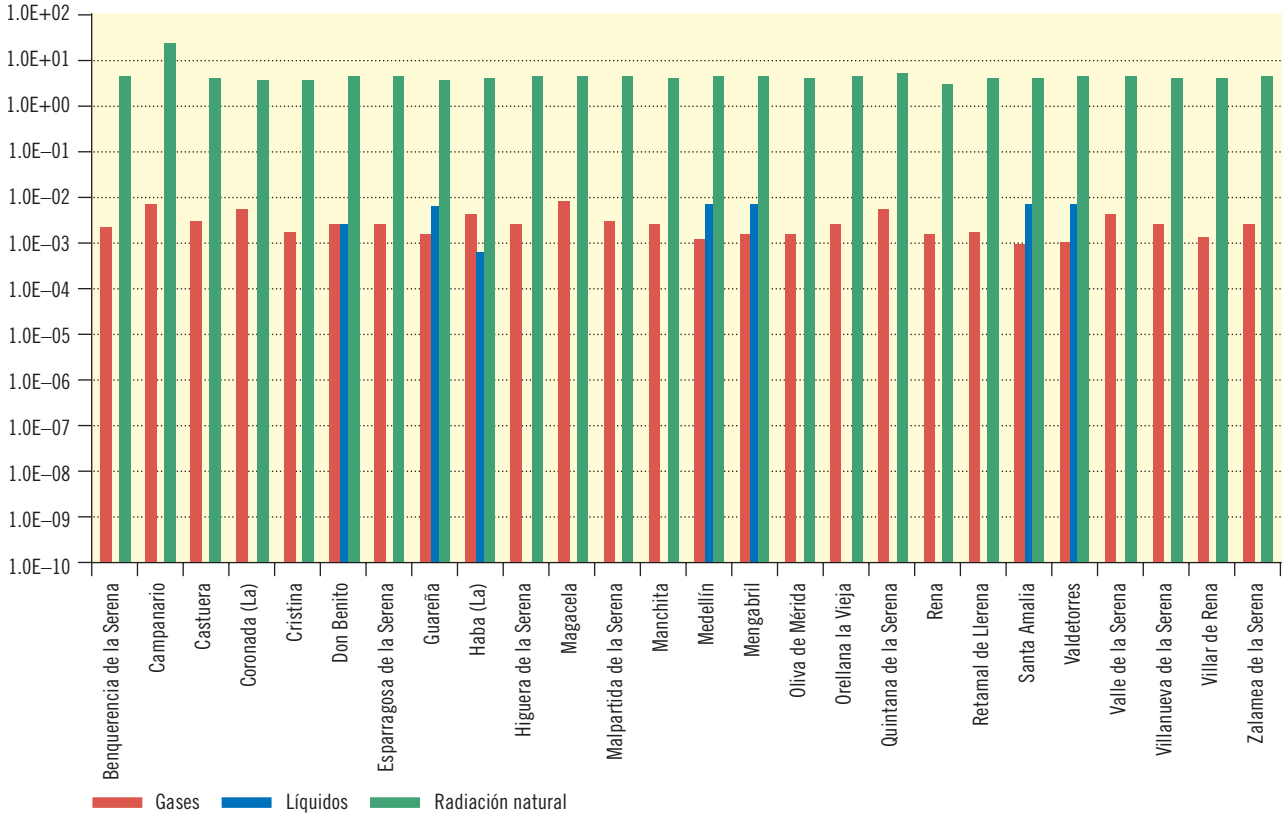


Figura 4.55. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1977-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Lobo-G por efecto de la operación de la instalación

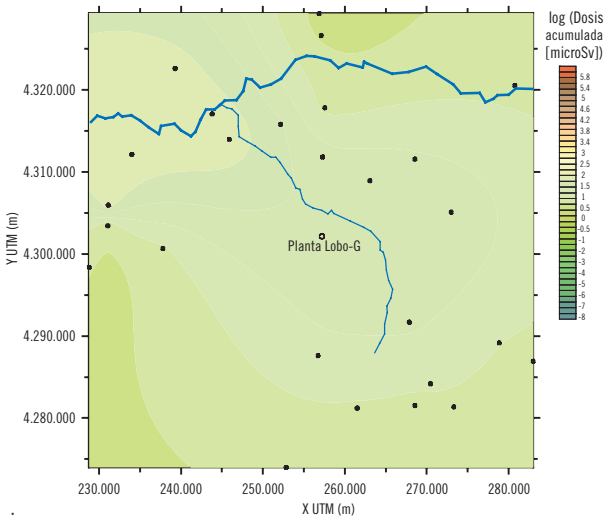
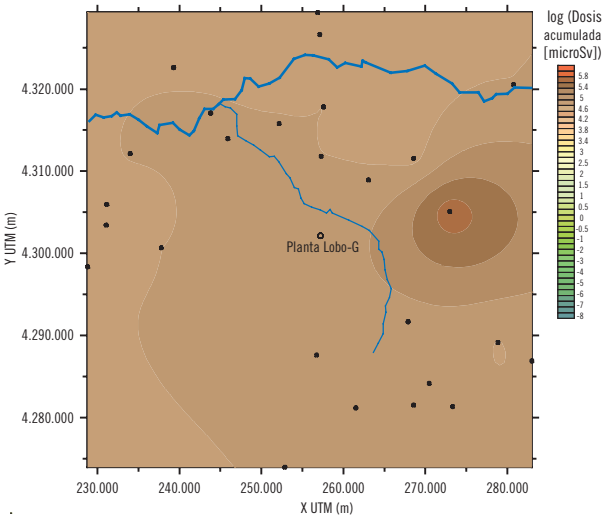


Figura 4.56. Distribución espacial de la dosis acumulada (microSv) en el período 1977-2003 por el individuo adulto en los municipios del entorno de 30 km de la planta Lobo-G por efecto de la radiación natural



Finalmente, la figura 4.56 muestra, de forma análoga, el valor de la dosis acumulada por los individuos adultos en el mismo entorno y período de tiempo por efecto de la radiación natural. En esta ocasión, los valores de dosis también están indicados en µSv.

3. Dosis por radiación natural en los entornos de referencia seleccionados

Finalmente, se presenta a continuación la caracterización radiológica de los entornos de referencia seleccionados

3.1. Entorno de referencia de bajo fondo de radiación natural

Se ha elegido como representativo de un bajo nivel de radiación natural en la España peninsular un entorno de 30 km de radio situado en la Comunidad Valenciana, a caballo entre las provincias de Valencia y Alicante, al SE del emplazamiento de la central nuclear de Cofrentes (ver figura 3.3). Los resultados de las estimaciones de dosis para dicho entorno, acumuladas durante un período representativo de 20 años se muestran en la figura 4.57. En el anexo XXII se detallan dichos resultados.

3.2. Entorno de referencia de alto fondo de radiación natural

Se ha elegido como entorno representativo de alto nivel de radiación natural en la España peninsular un círculo de 30 km de radio situado en Galicia, prácticamente por completo en la provincia de Pontevedra (ver figura 3.3). Los resultados de las estimaciones de dosis para dicho entorno, acumuladas durante un período representativo de 20 años se muestran en la figura 4.58. En el anexo XXII se detallan dichos resultados.

Figura 4.57. Distribución espacial de las dosis recibidas por los individuos adultos por efecto de la radiación natural en el entorno peninsular de bajo nivel de radiación durante un período de 20 años (en microSv)

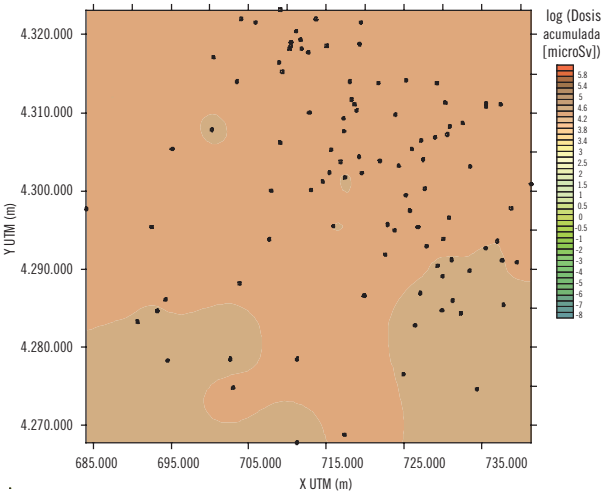
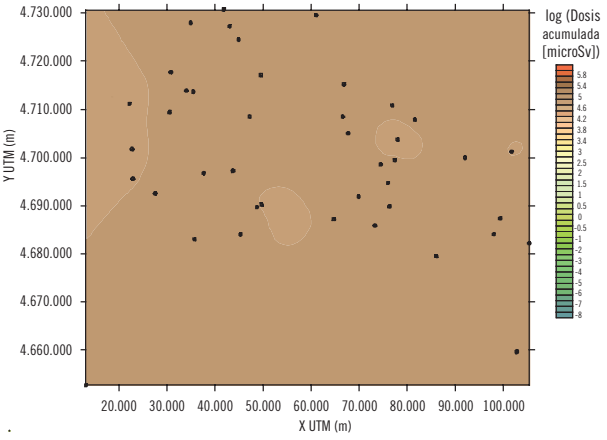


Figura 4.58. Distribución espacial de las dosis recibidas por los individuos adultos por efecto de la radiación natural en el entorno peninsular de alto nivel de radiación durante un período de 20 años (en microSv)



CONSIDERACIONES SOBRE LAS ESTIMACIONES DE DOSIS EN EL ENTORNO DE LAS INSTALACIONES

5

1. Dosis por radiación artificial derivada de las instalaciones

Con el fin de adquirir una perspectiva que permita interpretar de la forma más adecuada los resultados obtenidos en las estimaciones de dosis al público del tipo de las efectuadas por el CSN para este estudio epidemiológico, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones que tienen que ver con la aplicabilidad de las metodologías utilizadas para la aproximación de los valores verdaderos de dosis recibidas por los individuos y las principales fuentes de incertidumbre que afectan a este tipo de análisis.

Si bien desde los inicios de la operación de las instalaciones nucleares y radiactivas, las metodologías de estimación de dosis se orientaban al propósito de la protección del público mediante el cumplimiento de los límites reguladores, en tiempos recientes ha cobrado cada vez mayor interés la extensión de estas metodologías de estimación de dosis con fines exploratorios (estudios de *screening*) como el que nos ocupa. En un primer paso, trabajos de este tipo (López-Abente 1999, 2001; y Silva-Mato, 2003), utilizaron la distancia del municipio de residencia a la instalación como medida de la exposición. Sin embargo, la simulación de la exposición compuesta a efluentes líquidos y gaseosos de acuerdo a las características de los emplazamientos supone un paso más allá que supera esta hipótesis de correlación dosis-distancia, lo que justifica una vez más el uso de metodologías de estimación de dosis como parámetro indicador de la exposición. Según se concluye en el documento SRS-19 (IAEA, 2001), el grado de aproximación de estas metodologías de estimación a la dosis que recibirían realmente los individuos es tal que se considera muy poco probable que los valores obtenidos subestimen las dosis recibidas en más de un orden de magnitud, mientras que lo más probable es que representen una sobrestimación de las dosis recibidas en un orden de magnitud o incluso más.

Otra cuestión, no abordada desde la propia metodología, es la variabilidad de las dosis y la incertidumbre en su determinación. Conceptualmente, la variabilidad es inherente a la dosis al público, y la incertidumbre está presente en todas las etapas del análisis. Sin embargo, y dado que los programas de vigilancia radiológica ambiental no arrojan resultados significativos en cuanto a la presencia de radionucleidos artificiales en el entorno de las instalaciones, parece adecuado obviar el análisis de incertidumbres en la metodología general para bajos niveles de dosis. En esta línea y en relación con la exposición anterior, la metodología recomendada por la Comisión Europea, *Radiation Protection 129* (EU, 2002) recomienda realizar un primer análisis con valores *best estimate* de los distintos parámetros, que constituye la base de este estudio. Si los resultados de estos primeros análisis están en el orden de los 10 μSv/año, circunstancia que concurre de forma general para todas las instalaciones que se han considerado en el estudio salvo excepciones puntuales, puede no ser efectivo proseguir con los análisis de incertidumbre.

Hechas las consideraciones anteriores sobre la aplicabilidad de las metodologías de estimación de dosis al público por efecto de la operación rutinaria de instalaciones nucleares y radiactivas, se detallan en los párrafos siguientes las principales fuentes de incertidumbre identificadas en este tipo de estudios. Como en cualquier metodología de cálculo, aparecen incertidumbres asociadas a las hipótesis y parámetros de partida, así como las asociadas a los propios modelos como simplificación de sistemas muy complejos, como es este caso.

En cuanto a los parámetros e hipótesis de partida, uno de los aspectos afectados por incertidumbres son los datos relativos al término fuente. Los datos correspondientes a los vertidos de las instalaciones son específicos de la emisión anual de cada una de ellas por las vías gaseosa y líquida, al contrario que en otros estudios recientes (Evrard, 2006), en que se ha utilizado un término fuente genérico según el tipo de instalación con dispersión atmosférica exclusivamente. En la mayoría de los casos (centrales nucleares, El Cabril y Juzbado al menos), se han utilizado los valores reflejados por las instalaciones en sus informes periódicos remitidos al CSN y vienen, por tanto, afectados de las

incertidumbres propias del proceso de medida. Estas incertidumbres vienen a ser, en general, bastante reducidas en comparación con el resto de categorías de incertidumbre, como ya se ha adelantado y se verá a continuación. Mención aparte merecen algunas de las instalaciones del ciclo de combustible para las que no se ha dispuesto de información periódica específica sobre actividad e isótopos vertidos, sino que ha sido necesario recurrir a valores nominales de diseño de sistemas de proceso o de seguridad (es decir, capacidades máximas), o a la contabilización de mineral removido y procesado en función de su ley. Obviamente, en estas situaciones las hipótesis necesarias vienen afectadas de conservadurismos adicionales. No es el menor de ellos la hipótesis sobre el tamaño de las partículas, que se ha supuesto igual a 1 micra cuando no ha habido datos de caracterización de la distribución de sus tamaños.

Los datos meteorológicos utilizados también presentan incertidumbres, no sólo asociadas a la propia medición, sino a la representatividad de los mismos para todo el período de estudio. En general, en las centrales nucleares y en otras instalaciones que cuentan con Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (MCDE), se dispone de datos meteorológicos suficientes como para que puedan considerarse representativos de las condiciones en el emplazamiento y en su entorno durante un período de tiempo tan prolongado como el de estudio. Sin embargo, en otras instalaciones sólo ha sido posible acceder a datos meteorológicos representativos de uno o dos años, y de torres meteorológicas en la proximidad. Todo ello resta representatividad al haber extendido dichos valores a todo el período de estudio.

Otra cuestión tiene que ver con la selección de hábitos del individuo para quien se han calculado las dosis, muy ligados con las hipótesis de producción de los alimentos. Si bien se han utilizado parámetros realistas en el sentido de que reflejan de forma representativa los hábitos de uso y consumo en el entorno objeto de análisis, conviene indicar que éstos retratan más bien la situación actual (el estudio del CSN sobre hábitos alimenticios data de 2002). Es, por tanto, difícilmente creíble que estos hábitos de consumo de alimentos, supuestos siempre de producción exclusivamente autóctona, se hayan mantenido invariables a lo largo del tiempo, por su fuerte dependencia de las tasas de producción agrícola y ganadera en el entorno y de la importación de productos de otras procedencias, circunstancia que no se ha considerado en este estudio. También tiene que ver con las características del individuo representativo la hipótesis de que lo ha sido del municipio en el que habita durante todo el período de estudio, es decir, que desde el inicio de la operación de la instalación hasta el año 2003 ha permanecido residiendo en el lugar sin desplazarse a ningún otro sitio. En ambos casos, se considera que estas características del individuo promedio pueden representar cierto conservadurismo dentro del carácter realista de los parámetros.

En relación con las incertidumbres inherentes a los modelos de cálculo y principales parámetros, en cuanto a los modelos de dispersión en aire más utilizados, se identifican los siguientes aspectos como principales causas de conservadurismos:

- Para emisores puntuales aislados, el modelo gaussiano puede sobrestimar los valores de concentración en aire a largo plazo hasta en un factor que se estima entre cuatro (terreno llano) y diez (orografías y meteorologías complejas).

- Para emisiones adosadas a edificios, a grandes distancias y bajas velocidades de viento, el modelo puede presentar sobrestimaciones de hasta un factor 2. Sin embargo, para velocidades de viento superiores a 5 m/s el modelo puede subestimar la concentración en aire.

Por otro lado, el modelo de transporte de radionucleidos en el medio acuático puede verse afectado de incertidumbres en:

- Cambios importantes en la geometría y características de flujo en los canales de transporte hasta que se consigue la dilución completa del radionucleido. Esta distancia puede ser mucho mayor que lo asumido, sobre todo habiendo considerado la dilución instantánea.

- Dilución adicional por la existencia de aportes al medio acuático aguas abajo del punto de descarga (afluentes de ríos, corrientes marinas) que no se han tenido en cuenta en este estudio.

- Valores de las constantes de sedimentación K_S.

Otro aspecto en que surgen fuentes de incertidumbre se refiere al transporte a través de la cadena alimenticia:

- La metodología no considera reducción de la concentración de radionucleidos por la preparación de alimentos ni por el tratamiento del agua previo al consumo en plantas potabilizadoras.

- En gran parte de estos modelos se recurre a valores por defecto de parámetros, para los que es difícil establecer la representatividad dentro de su carácter conservador.

- Los valores de los factores de transferencia, sobre todo para alimentos acuáticos, también introducen conservadurismos al haberse derivado para estudios de *screening* previos.

Finalmente, una gran fuente de incertidumbre, posiblemente la más importante por ser la que establece de forma directa una relación causa-efecto, tiene que ver con la cuantificación del efecto que la radiación ionizante tiene sobre la salud de las personas, es decir, los factores de conversión a dosis. Se han utilizado los valores admitidos por la comunidad internacional y plasmados en la legislación nacional (RPSRI, 2001), salvo los correspondientes a dosis por exposición externa por depósitos sobre el suelo, en que ha sido necesario acudir a otras fuentes (EPA, 2002). Los valores de estos factores se calculan mediante simulaciones o medidas de laboratorio en maniquíes que permiten reproducir con cierta aproximación el comportamiento de los distintos elementos químicos en el organismo y metabolismo humano, así como los efectos que sobre la materia viva tienen las radiaciones de distintas naturalezas y espectro. Por muy complicados que sean estos modelos de simulación o de medición, no dejan de representar una gran simplificación de un sistema enormemente complejo como es el cuerpo humano.

Recapitulando las consideraciones anteriores, puede concluirse que las estimaciones de dosis por efecto de la radiación artificial obtenidas con la metodología aplicada constituirían una cota superior de las dosis que realmente recibirían los individuos.

2. Dosis por radiación natural

Una característica inherente a las exposiciones a la radiación natural es su elevada variabilidad espacial, no sólo patente entre distintas regiones geográficas o distintos municipios, sino también entre individuos de una misma población. Estos últimos pueden estar expuestos a dosis que difieren en más de un orden de magnitud ya que las variables ambientales suelen venir caracterizadas por distribuciones de probabilidad log-normales. Por tanto, debe tenerse en cuenta que las dosis efectivas promedio en cada municipio, no constituyen estimaciones del riesgo individual.

Precisamente, debido a esta elevada variabilidad espacial, la estimación de dosis promedio por municipios requiere un gran esfuerzo de caracterización (incluyendo campañas de muestreo específicas) con el fin de que dichas estimaciones sean representativas. El cálculo de dosis por municipios incluidos en el estudio se ha realizado fundamentalmente en base a datos recopilados mediante proyectos promovidos por el CSN.

Aún en el caso de disponer de medidas realizadas en las zonas de interés, las incertidumbres asociadas a las estimaciones por municipio son elevadas. A la inherente variabilidad de las concentraciones de radiactividad en los distintos compartimentos ambientales se suman las incertidumbres asociadas al muestreo, a las técnicas de medida, a los factores que caracterizan los hábitos de población, etc. En la tabla 5.1 se recogen valoraciones de las incertidumbres asociadas a cada vía de exposición. No se ha incluido la vía de ingestión ya que se ha supuesto un valor idéntico para todos los municipios del entorno.

Tabla 5.1. Incertidumbres asociadas a distintas vías de exposición a la radiación natural

Vía de exposición	Fuente de incertidumbre	CV (%)
Radiación cósmica	Parametrización para estimar dosis en función de la altitud	10
	Factor de reducción por blindaje	7
	Factores de ocupación	7
	Total	**14**
Radiación terrestre	Medidas de tasa de dosis	10
	Conversión dosis externa-dosis interna	25
	Factores de ocupación	7
	Total	**31**
Radón	Muestreo y medidas de concentración	30
	Factores de ocupación	7
	Total	**31**

Los factores de conversión a dosis, no incluidos en las estimaciones anteriores, están también sujetos a un alto grado de incertidumbre. En el caso del radón, por ejemplo, la incertidumbre asociada al factor de conversión a dosis es de un 100% de acuerdo a la ICRP (ICRP, 1993).

Hay que señalar que estas valoraciones de la incertidumbre se basan en que el muestreo realizado ha sido exhaustivo. Por ejemplo, en el caso del radón –que representa la contribución más elevada a la incertidumbre total– se han muestreado directamente gran parte de los municipios del entorno afectado, y para el resto de municipios las extrapolaciones se consideran fiables dada la proximidad geográfica y el hecho de que se haya tenido en cuenta la geología.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

6

Dentro del marco del convenio de colaboración suscrito, en abril de 2006, entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Instituto de Salud Carlos III para la realización de un estudio epidemiológico en el entorno de las centrales nucleares y del ciclo de combustible nuclear españolas, el Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado la reconstrucción del registro histórico de las dosis que los individuos podrían haber recibido por el hecho de residir en la proximidad de dichas instalaciones. Como principales conclusiones de dicho estudio, merecen destacarse las siguientes:

- Se ha elegido la dosis efectiva como magnitud de estimación de los posibles efectos sobre la salud derivados de la operación de dichas instalaciones sobre los miembros del público en general.

- La elección de la dosis efectiva no es recomendable en principio por organismos como la ICRP cuando se intenta establecer una relación causa-efecto sobre los daños a la salud sufridos por los individuos. Sin embargo, puede ser aceptable su utilización cuando se trate de estudios exploratorios de tipo ecológico y siempre que las dosis así obtenidas se mantengan suficientemente bajas.

- Los valores de dosis a los miembros del público por efecto de la operación de las instalaciones se encuentran muy por debajo de los valores establecidos en la regulación (límite anual, restricción operacional de dosis), de forma que se asegura su cumplimiento en todo momento.

- La principal exposición del público a la radiación artificial suele transmitirse en las vías asociadas a efluentes líquidos pues los mapas de distribución de dosis muestran en general patrones más afectados río abajo de las instalaciones. No obstante, este resultado puede venir condicionado por los conservadurismos introducidos en las hipótesis de dilución del vertido corriente abajo.

- Entre los distintos municipios del entorno de cada uno de los emplazamientos estudiados, se observa una gran variabilidad en los valores de dosis por efecto de las instalaciones, dependiendo de las actividades anuales vertidas (que pueden presentar fuertes variaciones a lo largo del tiempo) y las direcciones preferentes de los agentes de transporte (ríos, corrientes, vientos predominantes). Así se observan variaciones de hasta seis órdenes de magnitud entre el municipio con dosis anual máxima y el de dosis anual mínima (entorno de Santa María de Garoña, años 1972 y 2002).

- Comparando las diferentes instalaciones, se observa también una gran dispersión en los valores de los niveles de exposición. Por ejemplo, atendiendo a los valores máximos de dosis anual en el registro histórico de cada instalación, contrastan los 0,073 mSv de Santa María de Garoña en el año 1972 frente a los 42,4E-06 mSv de El Cabril en el año 1998.

- Por el contrario, los mapas de dosis por radiación natural muestran un patrón mucho más uniforme, tanto entre emplazamientos como en torno a cada uno de ellos, incluyendo los entornos peninsulares de referencia. Los valores extremos corresponden al entorno de la planta Lobo-G (20,1 mSv/año) y al del entorno de referencia en la Comunidad Valenciana (1,25 mSv/año).

- En todo caso, los valores de dosis por radiación artificial se encuentran varios órdenes de magnitud por debajo del nivel de radiación natural anual, por lo que su contribución a la dosis total recibida por los individuos es muy baja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7

CSN (2002(a)). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 10.2002, Doc. 0501.

CSN (2002(b)). *Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2000 y 2001.* Colección Informes Técnicos, CSN, 2002.

CSN (2003). *Informe genérico sobre la sistemática a seguir en las estimación realista de las dosis al público derivadas de los vertidos producidos por las centrales nucleares españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev.1. Diciembre 2003.

EPA (2002). *Federal Guidance Report 13, Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides:* CD Supplement. EPA 402-C-99-001, Rev.1 (Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN; U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2002.

EU (1995). *Radiation Protection 72: Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment*. European Commission Report EUR 15760 EN.

EU (1996). Directiva 96/29/Euratom del Consejo de 13 de mayo de 1996. Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 29 de junio de 1996.

EU (2002). *Radiation Protection 129: Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public Due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions*. European Commission.

EVRARD, A. S., HÉMON, D., MORIN, A., LAURIER, D., TIRMARCHE, M., BACKE, J. C., CHARTIER, M., y CLAVEL, J. (2006). "Childhood leukaemia incidence around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates". *British Journal of Cancer* 94, 1342-1347.

IAEA (1994). *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments*. Technical Report Series No. 364. Viena.

IAEA (1996). *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*. Safety Series N.º 115, IAEA, 1996.

IAEA (2001). *Generic Models for Using in Assessing the Impact of Radioactive Substances to the Environment*. Safety Report Series N.º 19, IAEA, Vienna 2001.

Iberinco (2001). *Manual de usuario de la aplicación DOGALI-2000*. Iberdrola Ingeniería y Consultoría, Generación Nuclear, GN10J9-M-01.000303.00018.

ICRP-23 (1975). *Reference Man: Anatomical and Metabolic Characteristics*. ICRP Publication 23. Pergamon.

ICRP-38 (1983). *Radionuclide Transformations*. Annals of the ICRP. ICRP Publication 38. Pergamon.

ICRP-60 (1991). *1990 Recommendation of the International Comission on Radiological Protection*. Annals of the ICRP 21/1-3. ICRP Publication 60. Pergamon.

ICRP-65 (1994). *Protection against Radon-222 at Home and at Work*. Annals of the ICRP 23/2. ICRP Publication 65. Pergamon.

ICRP-66 (1995). *Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection*. Annals of the ICRP 24/1-3. ICRP Publication 66. Pergamon.

ICRP-71 (1996). *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients*. Annals of the ICRP 25/3. ICRP Publication 71. Pergamon.

ICRP-72 (1996). *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients*. Annals of the ICRP 26/1. ICRP Publication 72. Pergamon.

LÓPEZ-ABENTE, G., ARAGONÉS, N., POLLÁN, M., RUIZ, M. y GANDARILLAS, A. (1999). "Leukaemia, lymphomas and myeloma mortality in the vicinity of nuclear power plants and nuclear fuel facilities in Spain". *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention;* 8: 925-934.

LÓPEZ-ABENTE, G., ARAGONÉS, N., POLLÁN, M. y RUIZ, M. (2001). "Solid-tumour mortality in the vicinity of uranium cycle facilities and nuclear power plants in Spain". *Environmental Health Perspectives*, 109: 721-9.

MARTÍN, A. (2005). *Medidas del radón disuelto en aguas de manantiales, pozos y fuentes en Extremadura*. Informe final de resultados, Proyecto de Investigación CSN.

MÉTIVIER, H. y ROY, M. (1997). "Dose Efficace Liée à la Consommation d'Eau Minérale Naturelle par l'Adulte et le Nourrisson". *Radioprotection* Vol. 32, n. 4, pp. 491-499.

MIMA, Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua en España*. Madrid.

OMS, *Organización Mundial de la Salud (2004)*. Guidelines for Drinking Water Quality. Third Edition. WHO, Geneva.

PASCIAK, W. J. y EKERMAN, K. F. (1978). *Users Guide to RABFIN Code*, NRC Memorandum on RABFIN without code listing, US-NRC, 1978.

QUINDÓS, L., et *al*. (1998). *Evaluación de las dosis de radiación natural recibidas por la población en el entorno de las centrales nucleares españolas*. Informe final de resultados, Proyecto de Investigación CSN.

RPSRI (2001). Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. Real Decreto 783/2001 de 6 de julio (BOE de 26 de Julio de 2001).

SAGENDORF, J. F., GOLL, J. T. y SANDUSKY, W. F. (1982). *XOQDOQ: Computer Program for the Meteorological Evaluation of Routine Effluent Releases at Nuclear Power Stations*, PNL, NUREG/CR-2919, PNL-4380.

SILVA-MATO, A., VIANA, D., FERNÁNDEZ-SANMARTÍN, I., COBOS, J. y VIANA, M. (2003). "Cancer risk around the nuclear power plants of Trillo and Zorita (Spain)". *Occup Environ Med;* 60: 521-7.

SOTO, J., QUINDÓS, L. S., DÍAZ-CANEJA, N., GUTIÉRREZ, I. y FERNÁNDEZ, P. L. (1998). "^{226}Ra and ^{222}Rn in Natural Waters in two Typical Locations in Spain". *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 24 No. 1 pp. 109-111.

STRENGE, D. L., PELOQUIN, R. A. y WHELAN, G. (1986). *LADTAP II – Technical Reference and User Guide*. NUREG/CR-4013, PNL-5270.

STRENGE, D. L., BANDER, T. J., SOLDAT, J. K. y SWIFT, L. J. (1987). *GASPAR II – Technical Reference and User Guide*. NUREG/CR-4653, PNL-5907.

SUÁREZ, E., FERNÁNDEZ, J. A., BAEZA, A., MORO, M. A., GARCÍA, D., POZO, J. M., y LANAJA, J. M. (2000). *Proyecto MARNA. Mapa de Radiación Gamma Natural*. Madrid, CSN.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2000). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, New York.

USNRC (1977). *Regulatory Guide 1.109: Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating* Compliance with 10 CFR Part 50 Appendix I (Rev.1).

USNRC (1982). *Regulatory Guide 3.51: Calculational Models for Estimating Radiation Doses to Man from Airborne Radioactive Materials Resulting from Uranium Milling Operations*. Marzo 1982.

USNRC (1999). *Risk Assessment of Radon in Drinking Water*. National Academy Press, Washington DC, 1999.

YUAN, Y. C., WANG, J. H. C. y ZIELEN, A. (1989). *MILDOS-AREA: An Enhanced Version of MILDOS for Large-Area Sources*, ANL/ES-161, Argonne National Laboratories, US-DOE, junio 1989.

ANEXOS

Anexo I: Aplicación de los modelos de retención y de dilución en el medio acuático en las distintas instalaciones

AI.1. Modelos de retención

Los modelos de retención simulan el comportamiento del sistema que recibe la actividad de los efluentes líquidos y los acumula temporalmente. Estos sistemas pueden ser artificiales (balsas o estanques) o naturales (embalses) y permiten retrasar la liberación de los efluentes líquidos al medio acuático añadiendo un tiempo adicional de decaimiento radiológico y por lo tanto reduciendo la concentración. Por el contrario, el proceso de acumulación de radionucleidos en el sistema, típico en embalses, aumenta la concentración de los radioisótopos de vida suficientemente larga.

Se define el factor de retención (R_i^{SIST}) como la relación entre la concentración de los efluentes líquidos en el sistema de retención y la vertida por la instalación:

$$R_i^{SIST} = \frac{C_i^{SIST}}{C_i^{0}} \qquad \text{(AI.1)}$$

La concentración de actividad en el sistema de vertido (C_i^0) se define como la relación entre la actividad emitida por la central y por el caudal de descarga de efluentes líquidos:

$$C_i^{0} = 3.169\times10^{-8}\,\frac{q_i}{\underset{\sim}{Q}^{0}} \qquad \text{(AI.2)}$$

Donde 3.169×10^{-8} es el factor de conversión de años a segundos.

Existen diversos modelos para calcular el factor de retención en función del tipo de sistema que exista en la instalación, como se muestra en el manual del código LADTAP-II (Strenge, 1986). A continuación se describen los modelos específicos aplicables a las centrales nucleares españoles y a las instalaciones del ciclo.

AI.1.1. Modelo de retención de la central nuclear de Almaraz

En la central nuclear de Almaraz, el vertido de los efluentes líquidos se realiza en el embalse de Arrocampo. En dicho embalse se produce la acumulación de los radionucleidos a lo largo del tiempo eliminándose únicamente por desintegración radiactiva, evaporación (para el caso del H^3) y por el alivio propio del embalse. Se utiliza, por lo tanto, el "modelo de embalse simple" (Iberinco, 2001), siendo el factor de retención el valor de:

$$R_i^{Arr.} = \frac{C_i^{Arr.}}{C_i^{0}} \qquad \text{(AI.3)}$$

La concentración de actividad en el embalse de Arrocampo del radionucleido *i* en un instante *t* después de su liberación, se calcula por medio de un modelo de mezcla total a través de la ecuación:

$$c_i^{Arr.}(t) = c_i^{Arr.}(t=0)\exp\left(-a_i^{Arr.}t\right) + \frac{W_i}{V^{Arr.}a_i^{Arr.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Arr.}t\right)\right] \qquad \text{(AI.4)}$$

donde:

$$a_i^{Arr.} = \lambda_i + K_{Wi} + \frac{\underset{\sim}{Q}_{aliv.}^{Arr.} + \underset{\sim}{Q}_{evap}^{Arr.}}{V^{Arr.}} \qquad \text{(AI.5)}$$

La concentración integrada ($C_i^{Arr.}$) [Bq/m³] a todo el período de tiempo (t_f) al que se promedia la liberación de efluentes líquidos y en la que se va a estimar la dosis es la siguiente:

$$C_i^{Arr.} = \frac{c_i^{Arr.}(t=0)}{a_i^{Arr.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Arr.}t_f\right)\right] + \frac{W_i}{V^{Arr.}a_i^{Arr.}}\left[t_f - \frac{1}{a_i^{Arr.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Arr.}t_f\right)\right)\right] \qquad \text{(AI.6)}$$

AI.1.2. Modelo de retención de la central nuclear José Cabrera

En la central nuclear José Cabrera, el vertido de los efluentes líquidos se realiza al embalse de Zorita que, a su vez, está conectado con el embalse de Almoguera. En ambos embalses se produce la acumulación de los radionucleidos a lo largo del tiempo eliminándose únicamente por desintegración radiactiva y por la renovación de agua por el caudal del río Tajo, se desprecia la sedimentación y la evaporación. Se utiliza, por lo tanto, el "modelo de doble embalse" (Iberinco, 2001), tomando el factor de retención para el embalse de Zorita la expresión:

$$R_i^{Zor.} = \frac{C_i^{Zor.}}{C_i^{0}} \qquad \text{(AI.7)}$$

y para el embalse de Almoguera:

$$R_i^{Alm.} = \frac{C_i^{Alm.}}{C_i^{0}} \qquad \text{(AI.8)}$$

La concentración de actividad en el embalse de Zorita de un radionucleido *i* en un instante *t* después de su liberación, se calcula por medio de un modelo de mezcla total a través de la ecuación:

$$C_i^{Arr.} = \frac{c_i^{Arr.}(t=0)}{a_i^{Arr.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Arr.}t_f\right)\right] + \frac{W_i}{V^{Arr.}a_i^{Arr.}}\left[t_f - \frac{1}{a_i^{Arr.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Arr.}t_f\right)\right)\right] \qquad \text{(AI.9)}$$

siendo:

$$a_i^{Zor.} = \lambda_i + \frac{Q^{Tajo}}{V^{Zor.}} \qquad \text{(AI.10)}$$

En el embalse de Almoguera:

$$c_i^{Alm.}(t) = c_i^{Alm.}(t=0)\exp\left(-a_i^{Alm.}t\right) + \frac{Q^{Tajo}}{V^{Zor}}\left(c_i^{Zor.}(t=0) - \frac{W_i}{a_i^{Zor.}}\right)\left(\frac{1}{a_i^{Alm} - a_i^{Zor.}}\right) \times\left(\exp\left(-a_i^{Zor.}t\right) - \exp\left(-a_i^{Alm.}t\right)\right) + \frac{W_i\,Q^{Tajo}}{a_i^{Alm.}a_i^{Zor.}V^{Zor.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Alm.}t\right)\right] \qquad \text{(AI.11)}$$

con:

$$a_i^{Alm.} = \lambda_i + \frac{Q^{Tajo}}{V^{Alm.}} \qquad \text{(AI.12)}$$

La concentraciones integradas en [Bq/m³] a todo el período de tiempo (t_f) al que se promedia la liberación de efluentes líquidos y en la que se va a estimar la dosis es, para el embalse de Zorita ($C_i^{Zor.}$):

$$C_i^{Zor.} = \frac{c_i^{Zor.}(t=0)}{a_i^{Zor.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Zor.}t_f\right)\right] + \frac{W_i}{V^{Zor.}a_i^{Zor.}}\left[t_f - \frac{1}{a_i^{Zor.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Zor.}t_f\right)\right)\right] \qquad \text{(AI.13)}$$

y, para el embalse de Almoguera ($C_i^{Alm.}$):

$$C_i^{Alm.} = \frac{c_i^{Alm.}(t=0)}{a_i^{Alm.}}\left[1-\exp\left(-a_i^{Alm.}t_f\right)\right] + \frac{Q^{Tajo}}{V^{Alm.}}\left(c_i^{Alm.}(t=0) - \frac{W_i}{V^{Alm.}a_i^{Alm.}}\right)\left(\frac{1}{a_i^{Alm.} - a_i^{Zor.}}\right) \times\left[\frac{1}{a_i^{Zor.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Zor.}t_f\right)\right) - \frac{1}{a_i^{Alm.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Alm.}t_f\right)\right)\right] + \frac{W_i\,Q^{Tajo}}{V^{Alm.}V^{Zor.}a_i^{Alm.}a_i^{Zor.}}\left[t_f - \frac{1}{a_i^{Alm.}}\left(1-\exp\left(-a_i^{Alm.}t_f\right)\right)\right] \qquad \text{(AI.14)}$$

AI.1.3. Modelo de retención de la central nuclear de Cofrentes

En la central nuclear de Cofrentes, el sistema de retención consiste en una serie de balsas que almacenan temporalmente el radionucleido sin que se acumule a largo plazo. Se emplea el "modelo de balsa", la única diferencia entre la concentración de actividad del radionucleido en la balsa y el vertido es el decaimiento ocurrido durante el tiempo de retención:

$$R_i^{Balsa} = \exp\left(-\lambda_i t_r\right) \qquad \text{(AI.15)}$$

AI.1.4. Modelo de retención del resto de centrales y de todas las instalaciones del ciclo

En el resto de centrales (Ascó I y II, Santa María de Garoña, Trillo y Vandellós II) y en todas las instalaciones del ciclo, el sistema de vertido libera directamente la actividad descargada al medio acuático sin que exista ninguna acumulación temporal en ningún otro sistema. Por lo tanto, se utiliza el modelo de liberación directa, tomando el factor de retención el valor de:

$$R_i^{LibDir} = 1 \qquad \text{(AI.16)}$$

AI.2. Modelos de dilución

Los modelos de dilución simulan el transporte del radionucleido a través del medio acuático hasta alcanzar la localidad o la vía en la que se va a calcular la exposición. En general, el factor de dilución se define como la relación entre la concentración en el canal de descarga y en el punto de interés. Para el cálculo de la concentración en dicho punto se utilizan modelos de pluma en medio acuático (Strenge, 1986).

AI.2.1. Modelo de dilución de la central nuclear de Almaraz

En la central nuclear de Almaraz se consideran como medios acuáticos los embalses de Arrocampo y de Torrejón, que están comunicados a través del río Tiétar. Para las poblaciones ribereñas del embalse de Arrocampo el factor de dilución es la unidad, ya que los procesos de mezclado que tienen lugar en el mismo ya se han considerado en el modelo de retención.

$$FD^{Arr.} = 1 \qquad \text{(AI.17)}$$

Para las poblaciones ribereñas del embalse de Torrejón, el factor de dilución se calcula como la relación entre las concentraciones medias medidas en los embalses de Arrocampo y Torrejón:

$$FD^{Torr.} = \frac{\sum_i C_i^{Arr.}}{\sum_i C_i^{Torr.}} \qquad \text{(AI.18)}$$

AI.2.2. Modelo de dilución del resto de centrales y de todas las instalaciones del ciclo

Para el caso de descarga a ríos y poblaciones suficientemente alejadas de la central, como es el caso de todas las centrales, excepto Almaraz, y de todas las instalaciones del ciclo, se considera que la pluma de radionucleidos ha alcanzado ambas orillas aguas abajo de la descarga. Por lo tanto, el FD se calcula como la relación entre el caudal del río y el caudal de descarga de efluentes líquidos:

$$FD = \frac{Q^{Río}}{Q^0} \qquad \text{(AI.19)}$$

AI.3. Referencias bibliográficas

Iberinco (2001). *Manual de usuario de la aplicación Dogali-2000*. Iberdrola Ingeniería y Consultoría, Generación Nuclear, GN10J9-M-01.000303.00018.

STRENGE, D. L., PELOQUIN, R. A. y WHELAN, G. (1986). *LADTAP II – Technical Reference and User Guide*. NUREG/CR-4013, PNL-5270.

AI.4. Nomenclatura

a_i^{SIST} constante de eliminación en el sistema de retención SIST [s^{-1}]

c_i^{SIST} concentración instantánea de actividad en el sistema [Bq/m^3]

C_i^{SIST} concentración media de actividad en el sistema [Bq/m^3]

FD^{SIST} factor de dilución en el sistema de dilución [adimensional]

K_{Wi} constante de sedimentación [s^{-1}]

q_i tasa media de liberación anual de actividad por radionucleido [Bq/año]

Q^{SIST} caudal volumétrico del sistema [m^3/s]

R_i^{SIST} factor de retención en el sistema [adimensional]

t instante de tiempo posterior a la liberación [s]

t_f periodo de tiempo de promedio de descargas líquidas (1 mes, 1 año, etc.) [s]

t_r tiempo de retención en la balsa de efluentes líquidos [s]

V^{SIST} volumen del sistema de retención [m^3]

W_i tasa diaria de actividad descargada en promedio durante el periodo t_f [s]

λ_i constante de desintegración [s^{-1}]

Superíndices

SIST sistema de recepción de los efluentes líquidos (río, embalse, etc.).

0 sistema de vertido de efluentes líquidos

Subíndices

i radionucleido

aliv alivio

evap evaporación

Anexo II: Modelos de dispersión atmosférica

AII.1. Modelo Gaussiano de dispersión atmosférica

El cálculo de la dispersión atmosférica se realiza a través de un modelo de pluma Gaussiana de trayectoria en línea recta con empobrecimiento por decaimiento radiactivo y depósito seco. Los cálculos se realizan con el código XOQDOQ (Sagendorf *et al.*, 1982) que tiene implementado los modelos establecidos en la *Regulatory Guide R.G. 1.111* (USNRC, 1977) para liberaciones de efluentes desde una chimenea o venteo con condiciones constantes de dirección de viento. Los modelos utilizados presentan las siguientes características:

- Liberación continua.
- Liberación al nivel del suelo, liberación elevada o liberación mixta.
- Efectos de elevación de la pluma debido a inercia o flotación.
- Para plumas a nivel del suelo, efectos de dispersión adicional por la presencia de edificios cercanos.
- Para plumas elevadas, efectos de la topología del terreno.
- Empobrecimiento de la pluma por decaimiento radiactivo.
- Empobrecimiento de la pluma por depósito seco.
- Efectos de recirculación o remanso del aire.
- Efectos sobre la trayectoria.
- Efectos de las clases de viento.
- Efectos por las clases de estabilidad atmosférica.

El modelo para calcular la dispersión anual del radionucleido, asume liberación continua y distribuye la concentración a través de 16 sectores del mismo tamaño, considerando los efectos de transporte por convección y difusión. Considera, además, una dirección constante del viento. El modelo utilizado es el modelo Gaussiano con difusión en la dirección del viento despreciable, reflexión total en el suelo y condiciones constantes de turbulencia en cada periodo de integración. Este modelo utiliza la siguiente expresión (USNRC, 1983):

Donde:

$(\chi/Q)_D$: factor de dispersión atmosférica a la distan-

$$\left(\frac{\chi}{Q}\right)_D = \frac{2.032}{x}\sum_{k,j}\frac{n_{k,j}}{N}\frac{1}{U_k\Sigma_{z,j}(x)}\exp\left(-\frac{h_e^2}{2\sigma_{z,j}^2(x)}\right) \quad \text{(AII.1)}$$

cia x en la dirección del viento D [s/m^3].

k: clase de velocidad del viento (seis clases correspondientes a los rangos de la tabla A2.1) [subíndice].

j: clase de estabilidad atmosférica (siete clases correspondientes a las clases de estabilidad de Pasquil-Gifford) [subíndice]:
- A, B, C: inestable
- D: neutra
- E, F, G: estable

2.032: cociente de $(2/\pi)^{1/2}$ entre el ancho en radianes de un sector de 22,5º.

$n_{k,j}$: intervalo de tiempo en el que se observa que las condiciones meteorológicas están en una dirección de viento dada, con una clase de velocidad del viento k y una clase de estabilidad atmosférica j [hr].

N: número total de horas [hr].

x: distancia en la dirección del viento [m].

U_k: punto medio de la clase de velocidad del viento k (ver tabla A2.1) [m/s].

$\Sigma_{z,j}(x)$: dispersión vertical del penacho con corrección volumétrica para una emisión en la zona de cavidad del edificio a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].

h_e: altura de emisión efectiva [m].

$\sigma_{z,j}(x)$: dispersión vertical del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].

Tabla A2.1. Clases y rangos de velocidad del viento

Clase de velocidad del viento	Rango de velocidad del viento (m/s)	Punto medio de la clase de velocidad del viento (m/s)
1	$0 \leq u \leq 2$	1.0
2	$2 < u \leq 4$	3.0
3	$4 < u \leq 6$	5.0
4	$6 < u \leq 8$	7.0
5	$8 < u \leq 12$	9.0
6	$12 < u \leq 14.1$	13.05

Este modelo se ve modificado por los siguientes factores y mecanismos de empobrecimiento.

AII.2. Efecto de la altura de emisión

AII.2.1. Emisiones elevadas

Para efluentes emitidos desde puntos situados a alturas dos veces más altos que la altura de las estructuras adyacentes, se calcula la altura de emisión efectiva con:

$$h_e = h_s + h_{pr} - h_t \qquad \text{(AII.2)}$$

Donde:

- h_e: altura de emisión efectiva [m].
- h_s: altura física del punto de emisión, considerando cero en la base de la chimenea [m].
- h_{pr}: elevación de la pluma por encima del punto de emisión [m].
- h_t: máxima altura del terreno por encima de la base de la chimenea entre el punto de la emisión y el punto donde se hace el cálculo ($h_t \geq 0$) [m].

AII.2.2. Otras emisiones

Para evaluar el efecto de la velocidad de salida de la pluma con la velocidad del viento y determinar si la liberación es elevada, a nivel del suelo o mixta entre las dos, se utilizan las siguientes expresiones:

$$E_t = 1.0 \quad \text{para} \quad \frac{W_0}{u} \leq 1.0 \qquad \text{(AII.3)}$$

$$E_t = 2.58 - 1.58\left(\frac{W_0}{u}\right) \quad \text{para} \quad 1.0 < \frac{W_0}{u} \leq 1.5 \qquad \text{(AII.4)}$$

$$E_t = 0.3 - 0.06\left(\frac{W_0}{u}\right) \quad \text{para} \quad 1.5 < \frac{W_0}{u} \leq 5.0 \qquad \text{(AII.5)}$$

$$E_t = 0.0 \quad \text{para} \quad 5.0 \leq \frac{W_0}{u} \qquad \text{(AII.6)}$$

Donde:

- E_t: fracción de tiempo en el que la liberación es a nivel del suelo [adimensional].
- W_0: velocidad de salida vertical de la pluma [m/s].
- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].

A partir de este grupo de ecuaciones la altura de la emisión se considera elevada durante la fracción de tiempo ($1\text{-}E_t$) y al nivel del suelo el resto (E_t). De esta forma para la emisión elevada se utiliza la altura calculada en el apartado anterior y para la emisión al nivel del suelo se considera altura nula ($h_e = 0$).

AII.2.3. Elevación de la pluma por inercia

La elevación de la pluma por encima del punto de emisión (h_{pr}) puede ser debida a flotación e inercia. En el caso de la inercia se utilizan las siguientes expresiones (Briggs, 1969):

AII.2.3.1. Condiciones atmosféricas neutras o inestables

Para las clases de estabilidad A, B, C, D se utiliza la siguiente expresión:

$$h_{pr} = \min\left[1.44\left(\frac{W_0}{u}\right)^{2/3}\left(\frac{x}{d}\right)^{1/3} d - c\,;3\left(\frac{W_0}{u}\right)d\right] \quad \text{(AII.7)}$$

Donde:

- h_{pr}: elevación de la pluma por encima del punto de emisión [m].
- h_t: máxima altura del terreno por encima de la base de la chimenea entre el punto de la emisión y el punto donde se hace el cálculo ($h_t \geq 0$) [m].
- W_0: velocidad de salida vertical de la pluma [m/s].
- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].
- x: distancia en la dirección del viento [m].
- d: diámetro interno de la chimenea [m].
- c: corrección por lavado debido a velocidad de salida baja [m].

Siendo:

$$c = 3\left(1.5 - \frac{W_0}{u}\right)d \text{ si } \frac{W_0}{u} < 1.5\,; c = 0 \text{ si } \frac{W_0}{u} \geq 1.5 \quad \text{(AII.8)}$$

Donde:

- c: corrección por lavado para velocidad de salida baja [m].
- W_0: velocidad de salida vertical de la pluma [m/s].
- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].
- d: diámetro interior de la chimenea [m].

AII.2.3.2. Condiciones atmosféricas estables

Para las clases de estabilidad E, F, G se utiliza la siguiente expresión:

$$h_{pr} = \min\left[4\left(\frac{F_m}{S}\right)^{1/4}\,;1.5\left(\frac{F_m}{u}\right)^{1/3} S^{-1/6}\right] \quad \text{(AII.9)}$$

Donde:

- h_{pr}: elevación de la pluma por encima del punto de emisión [m].
- F_m: parámetro de la cantidad de movimiento por inercia ($F_m = (W_0 d/2)^2$) [m^4/s^2].
- W_0: velocidad de salida vertical de la pluma [m/s].
- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].
- S: restauración de la aceleración por unidad vertical de desplazamiento para movimiento adiabático en la atmósfera ($S = \frac{g}{T}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)$) [$s^{-2}$]: 8.7×10^{-4} para estabilidad E, 1.75×10^{-3} para estabilidad F, 2.45×10^{-3} para estabilidad G.
- g: aceleración de la gravedad [m/s^2].
- T: temperatura ambiental del aire [K].
- $\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)$: gradiente vertical de temperatura [K/m].

El menor valor de Eq.(AII.7) y Eq.(AII.9) es el que se utilizará.

AII.2.4. Elevación de la pluma por flotación

Se utiliza también la formulación de Briggs (1969):

Si $x < x^*$

$$h_{pr} = 1.6 F^{1/3} u^{-1} x^{2/3} \quad \text{(AII.10)}$$

Si $x \geq x^*$ para condiciones atmosféricas inestables o neutras (clases A, B, C, D):

$$h_{pr} = \frac{1.6 F^{1/3} (x^*)^{2/3}\left[\frac{2}{5} + \frac{16}{25}\frac{x}{x^*} + \frac{11}{5}\left(\frac{x}{x^*}\right)^2\right]}{u\left(1 + \frac{4}{5}\frac{x}{x^*}\right)^2} \quad \text{(AII.11)}$$

asumiéndose que la pluma alcanza su máxima altura a $x = 5x^*$.

Si x ≥ x* para condiciones atmosféricas estables (clases E, F, G):

$$h_{pr} = 2.4\left(\frac{F}{uS}\right) \qquad \text{(AII.12)}$$

Siendo el cálculo de x^* el siguiente:

Para condiciones neutras o inestables:

$$x^* = 2.08\,F^{2/5}\,h_s \quad \text{cuando} \quad h_s < 304.8 \qquad \text{(AII.13)}$$

$$x^* = 67.3\,F^{2/5} \quad \text{cuando} \quad h_s \geq 304.8 \qquad \text{(AII.14)}$$

Para condiciones estables:

$$x^* = 2.4\,u\,S^{-1/2} \qquad \text{(AII.15)}$$

Donde:

- h_{pr}: elevación de la pluma por encima del punto de emisión [m].
- F: parámetro de la cantidad de movimiento por flotación ($F = 8.86\text{x}10^{-6}\ Q_h$) [m^4/s^3].
- Q_h: flujo de calor emitido por la chimenea [W].
- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].
- x: distancia en la dirección del viento [m].
- x^*: distancia adicional en la dirección del viento para emisión con calor [m].
- S: restauración de la aceleración por unidad vertical de desplazamiento para movimiento adiabático en la atmósfera ($S = \frac{g}{T}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)$) [s^{-2}]. 8.7x10^{-4} para estabilidad E, 1.75x10^{-3} para estabilidad F, 2.45x10^{-3} para estabilidad G.
- g: aceleración de la gravedad [m/s^2].
- T: temperatura ambiental del aire [K].
- $\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)$: gradiente vertical de temperatura [K/m].
- h_s: altura física del punto de emisión, considerando cero en la base de la chimenea [m].

AII.3. Corrección debida a la estela del edificio

Para emisiones al nivel del suelo la Eq. (AII.1) debe corregirse por el efecto de mezclado inicial de la pluma por la estela del edificio. Este ajuste es de la forma:

$$\Sigma_{zj}(x) = \min\left[\left(\sigma_{zj}^2(x) + 0.5\frac{D_z^2}{\pi}\right)^{1/2};\sqrt{3}\,\sigma_{zj}(x)\right] \qquad \text{(AII.16)}$$

Donde:

- x: distancia en la dirección del viento [m].
- $\Sigma_{z,j}(x)$: dispersión vertical del penacho con corrección volumétrica para una emisión en la zona de cavidad del edificio a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].
- $\sigma_{z,j}(x)$: dispersión vertical del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].
- D_z: máxima altura del edificio adyacente [m].

AII.4. Mecanismos de empobrecimiento de la pluma

El programa considera el empobrecimiento de la pluma debido al decaimiento radiactivo y al depósito seco.

AII.4.1. Decaimiento radiactivo

Se multiplica Eq.(AII.1) por un factor de reducción que considera el decaimiento radiactivo:

$$\left(\frac{\chi}{Q}\right)_i^{dcy} = \left(\frac{\chi}{Q}\right)\exp\left(-\lambda_i t_i\right) \qquad \text{(AII.17)}$$

Donde:

- $(\chi/Q)_i^{dcy}$: factor de dispersión atmosférica con decaimiento radiactivo del radionucleido i [s/m^3].

(χ/Q): factor de dispersión atmosférica del radionucleido i [s/m^3].
λ_i: constante de desintegración del radionucleido i [s^{-1}].
t_t: tiempo de tránsito de la nube radiactiva desde el punto de emisión hasta lugar de cálculo [s] ($t_i = x/U$).

AII.4.2. Depósito seco

Se multiplica Eq.(AII.1) por un factor de reducción que considera el empobrecimiento de la pluma por el depósito seco del material presente en ella. Estos factores se calculan a partir de las curvas representadas en la R.G. 1.111 (USNRC, 1977) que se han obtenido en base a medidas experimentales de la velocidad de depósito en función de la velocidad del viento (Markee, 1967) y modelos de difusión y depósito (Pelletier y Zimbrick, 1970). Estas curvas calculan la fracción remanente en la pluma (*dpl*) y la tasa relativa de depósito por unidad de longitud (*rdr*) en función de la distancia y dependen de las categorías de estabilidad y la elevación de la liberación.

$$\left(\frac{\chi}{Q}\right)_i^{dcy,dpl} = \left(\frac{\chi}{Q}\right)_i^{dcy} dpl_{k,j}(x,l) \qquad \text{(AII.18)}$$

Donde:

$(\chi/Q)_i^{dcy,dpl}$: factor de dispersión atmosférica con decaimiento radiactivo y empobrecimiento por depósito seco del radionucleido i [s/m^3].
(χ/Q): factor de dispersión atmosférica del radionucleido i [s/m^3].
$dpl_{k,j}(x,l)$: fracción remanente en la pluma a la distancia x, con una clase de dirección del viento l, de velocidad del viento k y una clase de estabilidad atmosférica j [adimensional].

$$\left(\frac{D}{Q}\right)_D = \frac{1}{(2\pi/16)x}\sum_{k,j}\frac{n_{k,j}}{N} rdr_{k,j}(x,l) \qquad \text{(AII.19)}$$

Donde:

$(D/Q)_D$: factor de depósito seco a la distancia x en la dirección del viento D [1/m^2].
x: distancia en la dirección del viento [m].
$(2\pi / 16)$: ancho en radianes de un sector de 22,5º.
$n_{k,j}$: intervalo de tiempo en el que se observa que las condiciones meteorológicas están en una dirección de viento dada, con una clase de velocidad del viento k y una clase de estabilidad atmosférica j [hr].
N: número total de horas [hr].
$rdr_{k,j}(x,l)$: tasa relativa de depósito por unidad de longitud a la distancia x, con una clase de dirección del viento l, de velocidad del viento k y una clase de estabilidad atmosférica j [adimensional].

AII.5. Coeficiente de dispersión vertical del penacho

Para las clases de estabilidad A, B, C, D, E, F se utiliza:

$$\sigma_{z,j}(x) = a\,x^b + c \qquad \text{si } z < 1000 \qquad \text{(AII.20)}$$

Donde:

$\sigma_{z,j}(x)$: dispersión vertical del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].
x: distancia en la dirección del viento [m].
z: distancia en la dirección vertical [m].
a, b, c: coeficientes, derivados por Eimutis y Konicek (1972), que son función de la clase de estabilidad y distancia (ver tabla A2.2).

Para la clase de estabilidad G se utiliza la siguiente ecuación

$$\sigma_{z,G}(x) = 2A\log_{10}\sigma_{y,F}(x) - A\log_{10}\sigma_{y,E}(x) \qquad \text{si } z < 1000 \qquad \text{(AII.21)}$$

Donde:

$\sigma_{z,G}(x)$: dispersión vertical del penacho sin corrección volumétrica a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica G [m].
x: distancia en la dirección del viento [m].
z: distancia en la dirección vertical [m].
$\sigma_{y,F}(x)$: dispersión horizontal del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica F [m].
$\sigma_{y,E}(x)$: dispersión horizontal del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica E [m].
A: coeficientes, derivados por Eimutis y Konicek (1972), que es función de la clase de estabilidad (ver tabla A2.3).

Tabla A2.2. Valores utilizados para calcular el coeficiente de difusión vertical

	Rango de validez de x								
	< 100 m			100 – 1.000 m			> 1.000 m		
Categorías de Pasquill	a	b	c	a	b	c	a	b	c
A	0,192	0,936	0	0,00066	1,941	9,27	0,00024	2,094	-9,6
B	0,156	0,922	0	0,0382	1,149	3,3	0,055	1,098	2,0
C	0,116	0,905	0	0,113	0,911	0,0	0,113	0,911	0,0
D	0,079	0,881	0	0,222	0,725	-1,7	1,26	0,516	-13
E	0,063	0,871	0	0,211	0,678	-1,3	6,73	0,305	-34
F	0,053	0,814	0	0,086	0,74	-0,35	18,05	0,18	-48,6

Tabla A2.3. Valores de A para el coeficiente de dispersión horizontal

Categorías de Pasquill	A
A	0,3658
B	0,2751
C	0,2089
D	0,1471
E	0,1046
F	0,0722

Los coeficientes de dispersión horizontal del penacho se calculan con la fórmula:

$$\sigma_{y,j}(x) = Ax^{0.9031} \qquad \text{si } y < 1000 \qquad \text{(AII.22)}$$

Donde:

$\sigma_{y,j}(x)$: dispersión horizontal del penacho a una distancia x, para una clase de estabilidad atmosférica j [m].
x: distancia en la dirección del viento [m].
z: distancia en la dirección vertical [m].
A: coeficientes, derivados por Eimutis y Konicek (1972), que es función de la clase de estabilidad (ver tabla A2.3).

AII.6. Corrección de la velocidad del viento

En liberaciones elevadas, la velocidad del viento debe medirse a la altura de la emisión, y en emisiones a nivel del suelo se debe usar el valor medido a 10 m de altura. Si el viento no se ha medido a la altura adecuada, o se están evaluando emisiones mixtas, la velocidad del viento se corrige utilizando la siguiente formulación:

$$u = u_{10}\left(\frac{h}{10}\right)^{e} \qquad \text{(AII.23)}$$

Donde:

- u: velocidad media del viento a la altura de la emisión [m/s].
- u_{10}: velocidad media del viento a 10 m de altura [m/s].
- h_s: altura física del punto de emisión [m].
- e: 0,25, para condiciones atmosféricas inestables o neutras (clases A, B, C, D);
  0,50, para condiciones atmosféricas estables (clases E, F, G).

AII.7. Referencias

BRIGGS, G. A. (1969). Plume Rise. USAEC Critical Review Series, TOD-25075, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, VA.

EIMUTIS, E. C. y KONICEK, M. G. (1972). "Derivation of Continuous Functions for the Lateral and Vertical Dispersion Coefficients". *Atmospheric Environment*. Vol. 6, pp. 859-863.

Markee, E. H. (1967). "A Parametric Study of Gaseous Plume Depletion by Ground Surface Adsortion", in *Proceedings of USAEC Meteorological Information Meeting*, AECL-2787, pp. 602-613.

Pelletier, C. A. y Zimbrick, J. D. (1970). "Kinetics of Environmental Radiodine Transport through the Milk food Chain", in *Environmental Surveillance in the Vicinity of Nuclear Facilities*, Charles C. Thomas Publishers, Springfield, III.

USNRC (1977). *Regulatory Guide 1.111: Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Releases from Light-Water-Cooled Reactors* (Rev 1).

USNRC (1983). *Radiological Assessment*. A Text Book on Environmental Dose Analysis. NUREG/CR-3332, ORNL-5968, Ed. Till JE and Meyer HR, 1983.

Anexo III: Tasas de uso y consumo

Tabla A3.1. Tasas de inhalación (m^3/año)

Adulto (>17 años)	Niño (7-12 años)	Infante (1-2 años)
8.100	5.585	1.880

Tabla A3.2. Tasas de ingestión de agua (l/año)

Adulto (>17 años)	Niño (7-12 años)	Infante (1-2 años)
600	350	260

Tabla A3.3. Tiempo de exposición a los depósitos en orillas (h/año)

Adulto (>17 años)	Niño (7-12 años)	Infante (1-2 años)
50	50	50

Tabla A3.4 (1/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Burgos

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**174**	**153**	**122**
Vaca	174	133	105
Cabra/Oveja	0	20	17
Vegetales de hoja	**6**	**13**	**23**
Vegetales no hoja	**166**	**199**	**238**
Cereales	36	65	62
Frutas de mata y hortalizas[1]	34	54	68
Legumbres	2	6	6
Aceitunas / Aceites	6	12	12
Cítricos	26	17	22
Frutas de árbol	62	44	66
Frutos secos	0	2	2
Carne	**18**	**63**	**53**
Vaca	11	26	19
Cerdo	7	30	24
Cabra/Oveja	0	4	8
Caza[2]	0	3	2
Pescado de río[3]	**0**	**1**	**3**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (2/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Cáceres

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**124**	**146**	**139**
Vaca	124	130	121
Cabra/Oveja	0	16	18
Vegetales de hoja	**7**	**5**	**16**
Vegetales no hoja	**142**	**188**	**236**
Cereales	28	67	66
Frutas de mata y hortalizas[1]	44	47	79
Legumbres	2	7	6
Aceitunas / Aceites	4	11	12
Cítricos	20	19	25
Frutas de árbol	45	37	46
Frutos secos	0	0	2
Carne	**14**	**52**	**53**
Vaca	5	16	13
Cerdo	7	32	36
Cabra/Oveja	2	2	3
Caza[2]	0	2	1
Pescado de río[3]	**0**	**1**	**2**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (3/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Córdoba

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**167**	**175**	**116**
Vaca	167	154	101
Cabra/Oveja	0	21	15
Vegetales de hoja	**6**	**14**	**24**
Vegetales no hoja	**141**	**185**	**227**
Cereales	36	67	64
Frutas de mata y hortalizas[1]	38	39	50
Legumbres	4	6	6
Aceitunas / Aceites	5	10	10
Cítricos	6	27	47
Frutas de árbol	53	36	48
Frutos secos	0	0	1
Carne	**6**	**54**	**50**
Vaca	6	8	18
Cerdo	0	43	28
Cabra/Oveja	0	3	3
Caza[2]	0	0	1
Pescado de río[3]	**0**	**0**	**1**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (4/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Guadalajara

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**184**	**146**	**117**
Vaca	184	128	104
Cabra/Oveja	0	18	13
Vegetales de hoja	**9**	**11**	**27**
Vegetales no hoja	**170**	**216**	**253**
Cereales	32	68	63
Frutas de mata y hortalizas[1]	43	64	94
Legumbres	1	6	6
Aceitunas / Aceites	4	11	14
Cítricos	19	16	22
Frutas de árbol	71	51	53
Frutos secos	0	1	2
Carne	**12**	**52**	**63**
Vaca	6	19	18
Cerdo	5	29	34
Cabra/Oveja	1	4	9
Caza[2]	0	0	2
Pescado de río[3]	**0**	**1**	**2**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (5/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Salamanca

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**133**	**137**	**120**
Vaca	133	119	103
Cabra/Oveja	0	18	17
Vegetales de hoja	**6**	**10**	**17**
Vegetales no hoja	**197**	**190**	**226**
Cereales	33	66	67
Frutas de mata y hortalizas[1]	53	55	65
Legumbres	3	6	5
Aceitunas / Aceites	5	11	12
Cítricos	23	6	27
Frutas de árbol	80	44	49
Frutos secos	0	1	1
Carne	**17**	**57**	**53**
Vaca	11	24	25
Cerdo	6	30	27
Cabra/Oveja	0	2	1
Caza[2]	0	1	0
Pescado de río[3]	**0**	**0**	**2**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (6/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Tarragona

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**159**	**149**	**98**
Vaca	159	135	82
Cabra/Oveja	0	14	16
Vegetales de hoja	**8**	**11**	**29**
Vegetales no hoja	**139**	**217**	**228**
Cereales	37	72	71
Frutas de mata y hortalizas[1]	34	66	72
Legumbres	1	5	3
Aceitunas / Aceites	5	12	13
Cítricos	26	17	23
Frutas de árbol	36	45	45
Frutos secos	0	0	1
Carne	**14**	**50**	**48**
Vaca	6	18	17
Cerdo	4	29	24
Cabra/Oveja	4	2	4
Caza[2]	0	0	3
Pescado	**21**	**12**	**28**
Río[3]	0	0	2
Mar	21	12	26
Marisco	**0**	**1**	**8**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Tabla A3.4 (7/7). Tasas de consumo del individuo medio (kg/año; l/año)
Provincia de Valencia

	Edad 1-2	Edad 7-12	Edad >17
Leche	**118**	**126**	**129**
Vaca	118	113	112
Cabra/Oveja	0	13	17
Vegetales de hoja	**4**	**7**	**25**
Vegetales no hoja	**147**	**166**	**254**
Cereales	35	61	76
Frutas de mata y hortalizas[1]	44	45	84
Legumbres	2	4	6
Aceitunas / Aceites	5	9	11
Cítricos	10	11	28
Frutas de árbol	51	35	46
Frutos secos	0	1	2
Carne	**12**	**39**	**52**
Vaca	6	13	15
Cerdo	5	25	29
Cabra/Oveja	1	1	5
Caza[2]	0	0	3
Pescado de río[3]	**0**	**1**	**2**

(1) Incluye todo lo que se cultiva en huertas: frutas de mata, vegetales de fruto (tomate, pimiento, etc.), raíces y bulbos (cebollas, ajos, espárragos), tubérculos y conservas de frutas.
(2) Para tener en cuenta que el período de caza dura como término medio tres meses al año, multiplicar por 0,25 el valor de la tabla.
(3) Para tener en cuenta que la temporada de pesca dura como término medio seis meses al año, multiplicar por 0,5 el valor de la tabla, salvo que en el entorno de la instalación exista una piscifactoría aguas abajo de la descarga.

Anexo IV: Constantes de desintegración y sedimentación

Tabla A4.1. Constantes de desintegración y de sedimentación

Isótopos	Constante de desintegración λ_i (s^{-1})	Constante de sedimentación K_{Wi} (d^{-1})
Ac-225	8.02E-07	0.00E+00
Ac-227	1.01E-09	0.00E+00
Ac-228	3.14E-05	0.00E+00
Ag-110 m	3.21E-08	4.38E-03
Ag-111	1.08E-06	4.38E-03
Am-241	5.08E-11	0.00E+00
Am-242	1.20E-05	0.00E+00
Am-242 m	1.45E-10	0.00E+00
Am-243	2.98E-12	0.00E+00
Ar-41	1.05E-04	0.00E+00
As-76	7.32E-06	0.00E+00
At-211	2.67E-05	0.00E+00
Au-198	2.98E-06	0.00E+00
Ba-139	1.40E-04	1.10E-03
Ba-140	6.30E-07	1.10E-03
Ba-141	6.32E-04	1.10E-03
Ba-142	1.09E-03	1.10E-03
Be-7	1.51E-07	0.00E+00
Be-10	1.37E-14	0.00E+00
Bi-206	1.29E-06	0.00E+00
Bi-210	1.60E-06	0.00E+00
Bi-210 m	7.34E-15	0.00E+00
Bi-212	1.91E-04	0.00E+00
Br-82	5.45E-06	0.00E+00
Br-83	8.06E-05	0.00E+00
Br-84	3.63E-04	0.00E+00
Br-85	0.00E+00	0.00E+00
C-14	3.83E-12	0.00E+00
Ca-41	1.57E-13	0.00E+00
Cd-109	1.73E-08	3.84E-03
Cd-113 m	1.62E-09	3.84E-03
Cd-115 m	1.80E-07	3.84E-03
Ce-139	5.83E-08	4.38E-03
Ce-141	2.47E-07	4.38E-03
Ce-143	5.83E-06	4.38E-03
Ce-144	2.82E-08	4.38E-03
Cf-252	8.33E-09	0.00E+00
Cm-242	4.93E-08	0.00E+00
Cm-243	7.71E-10	0.00E+00
Cm-244	1.21E-09	0.00E+00

Isótopos	Constante de desintegración λ_i (s^{-1})	Constante de sedimentación K_{Wi} (d^{-1})
Cm-245	2.58E-12	0.00E+00
Cm-246	4.64E-12	0.00E+00
Cm-247	1.41E-15	0.00E+00
Cm-248	6.48E-14	0.00E+00
Co-57	2.96E-08	4.38E-03
Co-58	1.13E-07	4.38E-03
Co-60	4.17E-09	4.38E-03
Cr-51	2.90E-07	1.10E-01
Cs-134	1.07E-08	1.10E-03
Cs-134 m	6.64E-05	1.10E-03
Cs-135	9.55E-15	1.10E-03
Cs-136	6.12E-07	1.10E-03
Cs-137	7.32E-10	1.10E-03
Cs-138	3.59E-04	1.10E-03
Cs-139	0.00E+00	0.00E+00
Cu-64	1.52E-05	0.00E+00
Eu-152	1.65E-09	0.00E+00
Eu-154	2.50E-09	0.00E+00
Eu-155	4.43E-09	0.00E+00
Eu-156	5.28E-07	0.00E+00
F-18	1.05E-04	0.00E+00
Fe-55	8.14E-09	1.51E-01
Fe-59	1.80E-07	5.48E-03
Ga-67	2.46E-06	0.00E+00
H-3	1.78E-09	0.00E+00
Hg-197	3.00E-06	0.00E+00
Hg-197 m	8.09E-06	0.00E+00
Hg-203	1.72E-07	0.00E+00
Ho-166 m	1.83E-11	0.00E+00
I-123	1.46E-05	0.00E+00
I-125	1.33E-07	0.00E+00
I-129	1.40E-15	1.10E-04
I-130	1.56E-05	1.10E-04
I-131	9.98E-07	1.10E-04
I-132	8.37E-05	1.10E-04
I-133	9.26E-06	1.10E-04
I-134	2.20E-04	1.10E-04
I-135	2.91E-05	1.10E-04
In-111	2.83E-06	0.00E+00
In-113 m	1.16E-04	0.00E+00

Tabla A4.1. Constantes de desintegración y de sedimentación (continuación)

Isótopos	Constante de desintegración λ_i (s^{-1})	Constante de sedimentación K_{Wi} (d^{-1})
Kr-83 m	1.05E-04	0.00E+00
Kr-85	2.05E-09	0.00E+00
Kr-85 m	4.30E-05	0.00E+00
Kr-87	1.51E-04	0.00E+00
Kr-88	6.78E-05	0.00E+00
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00
La-140	4.78E-06	1.10E-04
La-141	4.90E-05	1.10E-03
La-142	1.25E-04	1.10E-03
Mn-54	2.57E-08	1.10E-01
Mn-56	7.47E-05	1.10E-01
Mo-93	6.28E-12	0.00E+00
Mo-99	2.92E-06	0.00E+00
N-13	1.16E-03	0.00E+00
Na-22	8.44E-09	0.00E+00
Na-24	1.28E-05	0.00E+00
Nb-93 m	1.62E-09	1.10E-03
Nb-95	2.29E-07	1.10E-03
Nb-97	1.60E-04	1.10E-03
Nd-147	7.31E-07	0.00E+00
Ni-59	2.93E-13	0.00E+00
Ni-63	2.29E-10	0.00E+00
Ni-65	7.64E-05	0.00E+00
Np-237	1.03E-14	0.00E+00
Np-238	3.79E-06	0.00E+00
Np-239	3.41E-06	0.00E+00
P-32	5.61E-07	0.00E+00
Pa-231	6.70E-13	0.00E+00
Pa-233	2.97E-07	0.00E+00
Pb-210	9.85E-10	0.00E+00
Pd-103	4.73E-07	0.00E+00
Pd-107	3.38E-15	0.00E+00
Pd-109	1.43E-05	0.00E+00
Pm-147	8.37E-09	0.00E+00
Pm-148	1.49E-06	0.00E+00
Pm-148 m	1.94E-07	0.00E+00
Pm-149	3.63E-06	0.00E+00
Pm-151	6.78E-06	0.00E+00
Po-210	5.80E-08	0.00E+00
Pr-143	5.92E-07	0.00E+00
Pr-144	6.69E-04	0.00E+00
Pu-238	2.50E-10	3.84E-03
Pu-239	9.13E-13	3.84E-03
Pu-240	3.36E-12	3.84E-03
Pu-241	1.53E-09	3.84E-03
Pu-242	5.84E-14	3.84E-03
Pu-244	2.66E-16	3.84E-03
Ra-223	7.02E-07	0.00E+00
Ra-224	2.19E-06	0.00E+00
Ra-225	5.42E-07	0.00E+00
Ra-226	1.37E-11	0.00E+00
Ra-228	3.82E-09	0.00E+00
Rb-86	4.30E-07	0.00E+00
Rb-87	4.67E-19	0.00E+00
Rb-88	6.49E-04	0.00E+00
Rb-89	7.60E-04	0.00E+00
Rh-105	5.45E-06	0.00E+00
Rh-107	5.32E-04	0.00E+00
Ru-103	2.04E-07	5.48E-03
Ru-105	4.34E-05	5.48E-03
Ru-106	2.18E-08	5.48E-03
S-35	9.17E-08	0.00E+00
Sb-122	2.97E-06	1.10E-03
Sb-124	1.33E-07	1.10E-03
Sb-125	7.93E-09	1.10E-03
Sb-126	6.47E-07	1.10E-03
Sb-127	2.08E-06	1.10E-03
Sc-46	9.57E-08	0.00E+00
Se-75	6.70E-08	0.00E+00
Se-79	3.38E-13	0.00E+00
Sm-151	2.44E-10	0.00E+00
Sm-153	4.12E-06	0.00E+00
Sn-113	6.97E-08	1.10E-03
Sn-123	6.21E-08	1.10E-03
Sn-125	8.32E-07	1.10E-03
Sn-126	2.20E-13	1.10E-03
Sr-85	1.24E-07	5.48E-05
Sr-87 m	6.86E-05	0.00E+00
Sr-89	1.59E-07	5.48E-05
Sr-90	7.54E-10	5.48E-05
Sr-91	2.03E-05	5.48E-05
Sr-92	7.10E-05	5.48E-05
Tb-160	1.11E-07	0.00E+00
Tc-99	1.03E-13	0.00E+00

Tabla A4.1. Constantes de desintegración y de sedimentación (continuación)

Isótopos	Constante de desintegración λ_i (s^{-1})	Constante de sedimentación K_{Wi} (d^{-1})
Tc-99 m	3.20E-05	0.00E+00
Tc-101	8.14E-04	0.00E+00
Te-123 m	6.70E-08	0.00E+00
Te-125 m	1.38E-07	0.00E+00
Te-127	2.06E-05	0.00E+00
Te-127 m	7.36E-08	0.00E+00
Te-129	1.66E-04	0.00E+00
Te-129 m	2.39E-07	0.00E+00
Te-131	4.62E-04	0.00E+00
Te-131 m	6.42E-06	0.00E+00
Te-132	2.46E-06	0.00E+00
Te-133	9.28E-04	0.00E+00
Te-133 m	2.09E-04	0.00E+00
Te-134	2.76E-04	0.00E+00
Th-227	4.29E-07	0.00E+00
Th-228	1.15E-08	0.00E+00
Th-229	2.99E-12	0.00E+00
Th-230	2.85E-13	0.00E+00
Th-232	1.56E-18	0.00E+00
Th-234	3.33E-07	0.00E+00
Tl-201	2.64E-06	0.00E+00
Tl-202	6.56E-07	0.00E+00
U-232	3.05E-10	0.00E+00
U-233	1.39E-13	0.00E+00
U-234	8.98E-14	0.00E+00
U-235	3.12E-17	0.00E+00

Isótopos	Constante de desintegración λ_i (s^{-1})	Constante de sedimentación K_{Wi} (d^{-1})
U-236	9.38E-16	0.00E+00
U-237	1.19E-06	0.00E+00
U-238	4.92E-18	0.00E+00
W-181	6.62E-08	0.00E+00
W-185	1.07E-07	0.00E+00
W-187	8.06E-06	0.00E+00
Xe-131 m	6.74E-07	0.00E+00
Xe-133	1.53E-06	0.00E+00
Xe-133 m	3.67E-06	0.00E+00
Xe-135	2.12E-05	0.00E+00
Xe-135 m	7.56E-04	0.00E+00
Xe-137	2.96E-03	0.00E+00
Xe-138	8.15E-04	0.00E+00
Y-87	2.40E-06	0.00E+00
Y-90	3.01E-06	0.00E+00
Y-91	1.37E-07	0.00E+00
Y-91 m	2.32E-04	0.00E+00
Y-92	5.44E-05	0.00E+00
Y-93	1.91E-05	0.00E+00
Zn-65	3.29E-08	5.48E-03
Zn-69	2.03E-04	5.48E-03
Zn-69 m	1.40E-05	5.48E-03
Zr-93	1.44E-14	4.38E-03
Zr-95	1.25E-07	4.38E-03
Zr-97	1.14E-05	0.00E+00

Anexo V. Factores de conversión a dosis

Tabla A5.1. Factores de conversión a dosis efectiva

Isótopos	Inmersión nube[1]	Exposición externa suelo	Inhalación			Ingestión		
			Adulto	Niño	Infante	Adulto	Niño	Infante
	mSv m³ / Bq s	mSv m² / Bq s	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq
Ac-225	—	1.47E-14	8.51E-03	1.10E-02	2.30E-02	2.40E-05	5.41E-05	1.80E-04
Ac-227	—	1.41E-16	5.49E-01	7.19E-01	1.60E+00	1.10E-03	1.50E-03	3.11E-03
Ag-110 m	—	2.58E-12	1.20E-05	1.80E-05	4.11E-05	2.81E-06	5.19E-06	1.40E-05
Ag-111	—	5.28E-14	1.70E-06	2.70E-06	7.11E-06	1.30E-06	2.70E-06	9.30E-06
Am-241	—	2.33E-14	9.59E-02	1.00E-01	1.80E-01	2.00E-04	2.20E-04	3.70E-04
Am-242 m	—	2.26E-15	9.19E-02	9.41E-02	1.50E-01	1.90E-04	2.00E-04	3.00E-04
Am-243	—	4.80E-14	9.59E-02	1.00E-01	1.70E-01	2.00E-04	2.20E-04	3.70E-04
Ar-41	6.14E-11	—	—	—	—	—	—	—
As-76	—	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.61E-06	3.41E-06	1.10E-05
Ba-139	—	1.46E-13	5.89E-08	1.10E-07	3.59E-07	1.20E-07	2.40E-07	8.41E-07
Ba-140	—	1.90E-13	5.81E-06	8.59E-06	2.20E-05	2.60E-06	5.81E-06	1.80E-05
Ba-141	—	8.86E-13	3.41E-08	6.19E-08	2.10E-07	7.00E-08	1.30E-07	4.70E-07
Ba-142	—	1.01E-12	2.20E-08	4.00E-08	1.30E-07	3.49E-08	6.59E-08	2.20E-07
Be-7	—	4.72E-14	5.51E-08	9.59E-08	2.40E-07	2.81E-08	5.30E-08	1.30E-07
Be-10	—	3.41E-15	3.49E-05	4.19E-05	9.11E-05	1.10E-06	2.40E-06	8.00E-06
Bi-210 m	—	2.40E-13	9.19E-07	1.30E-06	2.97E-06	4.05E-09	8.11E-09	2.46E-08
Br-82	—	2.48E-12	6.30E-07	1.10E-06	3.00E-06	5.41E-07	9.49E-07	2.60E-06
Br-83	—	2.86E-14	4.81E-08	7.70E-08	2.30E-07	4.30E-08	8.30E-08	3.00E-07
Br-84	—	1.67E-12	3.70E-08	6.89E-08	2.40E-07	8.81E-08	1.60E-07	5.81E-07
C-14	—	1.28E-17	5.81E-06	7.41E-06	1.70E-05	5.81E-07	8.00E-07	1.60E-06
Ca-41	—	0.00E+00	1.80E-07	3.30E-07	6.00E-07	1.90E-07	4.81E-07	5.19E-07
Cd-109	—	1.66E-14	8.11E-06	1.40E-05	3.70E-05	2.00E-06	3.51E-06	9.51E-06
Cd-113 m	—	1.77E-15	1.10E-04	1.30E-04	2.70E-04	2.30E-05	2.89E-05	5.59E-05
Cd-115 m	—	9.23E-14	7.70E-06	1.10E-05	3.19E-05	3.30E-06	6.89E-06	1.90E-05
Ce-139	—	1.43E-13	1.90E-06	2.81E-06	8.51E-06	2.60E-07	5.41E-07	1.60E-06
Ce-141	—	6.93E-14	3.81E-06	5.30E-06	1.20E-05	7.11E-07	1.50E-06	5.11E-06
Ce-143	—	3.01E-13	8.30E-07	1.40E-06	4.11E-06	1.10E-06	2.40E-06	8.00E-06
Ce-144	—	1.84E-14	5.30E-05	7.81E-05	2.70E-04	5.19E-06	1.10E-05	3.89E-05
Cm-242	—	7.03E-16	5.89E-03	8.19E-03	2.10E-02	1.20E-05	2.40E-05	7.59E-05
Cm-243	—	1.18E-13	6.89E-02	7.30E-02	1.50E-01	1.50E-04	1.60E-04	3.30E-04
Cm-244	—	6.44E-16	5.70E-02	6.11E-02	1.30E-01	1.20E-04	1.40E-04	2.89E-04
Cm-245	—	8.03E-14	9.89E-02	1.00E-01	1.80E-01	2.10E-04	2.30E-04	3.70E-04
Cm-246	—	5.76E-16	9.81E-02	1.00E-01	1.80E-01	2.10E-04	2.20E-04	3.70E-04
Cm-247	—	2.99E-13	9.00E-02	9.41E-02	1.60E-01	1.90E-04	2.10E-04	3.49E-04
Cm-248	—	4.40E-16	3.59E-01	3.70E-01	6.51E-01	7.70E-04	8.41E-04	1.40E-03
Co-57	—	1.09E-13	1.00E-06	1.50E-06	3.70E-06	2.10E-07	5.81E-07	1.60E-06
Co-58	—	9.23E-13	2.10E-06	3.11E-06	7.51E-06	7.41E-07	1.70E-06	4.41E-06

[1] Sólo se incluyen los factores de conversión de dosis efectiva por exposición directa a la nube semi-infinita correspondiente a los gases nobles, ya que la contribución del resto de radioisótopos es muy inferior.

Tabla A5.1. Factores de conversión a dosis efectiva (continuación)

Isótopos	Inmersión nube[1]	Exposición externa suelo	Inhalación			Ingestión		
			Adulto	Niño	Infante	Adulto	Niño	Infante
	mSv m³ / Bq s	mSv m² / Bq s	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq
Co-60	—	2.30E-12	3.11E-05	4.00E-05	8.59E-05	3.41E-06	1.10E-05	2.70E-05
Cr-51	—	2.97E-14	3.70E-08	6.59E-08	2.10E-07	3.81E-08	7.81E-08	2.30E-07
Cs-134	—	1.48E-12	2.00E-05	2.81E-05	6.30E-05	1.90E-05	1.40E-05	1.60E-05
Cs-134 m	—	2.25E-14	6.00E-08	9.19E-08	2.50E-07	2.00E-08	3.49E-08	1.20E-07
Cs-135	—	2.69E-17	8.59E-06	1.10E-05	2.40E-05	2.00E-06	1.70E-06	2.30E-06
Cs-136	—	2.03E-12	2.81E-06	4.11E-06	1.10E-05	3.00E-06	4.41E-06	9.49E-06
Cs-137	—	2.99E-15	3.89E-05	4.81E-05	1.00E-04	1.30E-05	1.00E-05	1.20E-05
Cs-138	—	2.26E-12	4.30E-08	8.19E-08	2.81E-07	9.19E-08	1.70E-07	5.89E-07
Cu-64	—	1.83E-13	1.20E-07	2.00E-07	5.70E-07	1.20E-07	2.50E-07	8.30E-07
Eu-152	—	1.07E-12	4.19E-05	4.89E-05	1.00E-04	1.40E-06	2.60E-06	7.41E-06
Eu-154	—	1.17E-12	5.30E-05	6.51E-05	1.50E-04	2.00E-06	4.11E-06	1.20E-05
Eu-155	—	5.35E-14	6.89E-06	9.19E-06	2.30E-05	3.19E-07	6.81E-07	2.20E-06
Eu-156	—	1.24E-12	3.41E-06	5.30E-06	1.40E-05	2.20E-06	4.59E-06	1.50E-05
F-18	—	9.83E-13	5.89E-08	1.00E-07	3.11E-07	4.89E-08	9.11E-08	3.00E-07
Fe-55	—	0.00E+00	7.70E-07	1.40E-06	3.19E-06	3.30E-07	1.10E-06	2.40E-06
Fe-59	—	1.10E-12	4.00E-06	5.81E-06	1.30E-05	1.80E-06	4.70E-06	1.30E-05
H-3	—	0.00E+00	1.80E-08	2.30E-08	4.80E-08	1.80E-08	2.31E-08	4.81E-08
Hg-203	—	2.22E-13	2.40E-06	3.41E-06	7.89E-06	5.41E-07	1.10E-06	3.59E-06
Ho-166 m	—	1.65E-12	1.20E-04	1.30E-04	2.50E-04	2.00E-06	3.51E-06	9.30E-06
I-129	—	1.96E-14	3.59E-05	6.70E-05	8.59E-05	1.10E-04	1.90E-04	2.20E-04
I-130	—	2.05E-12	6.70E-07	1.60E-06	7.41E-06	2.00E-06	4.59E-06	1.80E-05
I-131	—	3.64E-13	7.41E-06	1.90E-05	7.19E-05	2.20E-05	5.19E-05	1.80E-04
I-132	—	2.20E-12	1.10E-07	2.20E-07	9.59E-07	2.89E-07	6.19E-07	2.40E-06
I-133	—	6.16E-13	1.50E-06	3.81E-06	1.80E-05	4.30E-06	1.00E-05	4.41E-05
I-134	—	2.52E-12	5.51E-08	1.10E-07	3.70E-07	1.10E-07	2.10E-07	7.51E-07
I-135	—	1.47E-12	3.19E-07	7.89E-07	3.70E-06	9.30E-07	2.20E-06	8.89E-06
Kr-83 m	2.43E-15	—	—	—	—	—	—	—
Kr-85	2.55E-13	—	—	—	—	—	—	—
Kr-85 m	6.83E-12	—	—	—	—	—	—	—
Kr-87	3.93E-11	—	—	—	—	—	—	—
Kr-88	9.68E-11	—	—	—	—	—	—	—
Kr-89	1.42E-10	—	—	—	—	—	—	—
La-140	—	2.16E-12	1.10E-06	2.00E-06	6.30E-06	2.00E-06	4.19E-06	1.30E-05
La-141	—	1.52E-13	1.50E-07	2.81E-07	9.30E-07	3.59E-07	7.59E-07	2.60E-06
La-142	—	2.49E-12	8.89E-08	1.70E-07	5.70E-07	1.80E-07	3.51E-07	1.10E-06
Mn-54	—	7.88E-13	1.50E-06	2.40E-06	6.19E-06	7.11E-07	1.30E-06	3.11E-06
Mn-56	—	1.62E-12	1.20E-07	2.40E-07	7.81E-07	2.50E-07	5.11E-07	1.70E-06
Mo-93	—	3.88E-15	2.30E-06	2.81E-06	5.81E-06	3.11E-06	4.00E-06	6.89E-06
Mo-99	—	1.78E-13	9.89E-07	1.70E-06	4.81E-06	6.00E-07	1.10E-06	3.51E-06
N-13	—	1.03E-12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-22	—	2.05E-12	1.30E-06	2.40E-06	7.30E-06	3.19E-06	5.51E-06	1.50E-05

Tabla A5.1. Factores de conversión a dosis efectiva (continuación)

Isótopos	Inmersión nube[1]	Exposición externa suelo	Inhalación			Ingestión		
			Adulto	Niño	Infante	Adulto	Niño	Infante
	mSv m³ / Bq s	mSv m² / Bq s	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq
Na-24	—	3.59E-12	2.70E-07	5.70E-07	1.80E-06	4.30E-07	7.70E-07	2.30E-06
Nb-93 m	—	6.82E-16	1.80E-06	2.50E-06	6.51E-06	1.20E-07	2.70E-07	9.11E-07
Nb-95	—	7.27E-13	1.80E-06	2.50E-06	5.89E-06	5.81E-07	1.10E-06	3.19E-06
Nb-97	—	6.74E-13	4.51E-08	8.11E-08	2.60E-07	6.81E-08	1.30E-07	4.51E-07
Nd-147	—	1.40E-13	2.40E-06	3.51E-06	8.59E-06	1.10E-06	2.30E-06	7.81E-06
Ni-59	—	0.00E+00	4.41E-07	5.89E-07	1.50E-06	6.30E-08	1.10E-07	3.41E-07
Ni-63	—	0.00E+00	1.30E-06	1.70E-06	4.30E-06	1.50E-07	2.81E-07	8.41E-07
Ni-65	—	5.69E-13	9.00E-08	1.70E-07	5.49E-07	1.80E-07	3.81E-07	1.30E-06
Np-237	—	2.52E-14	5.00E-02	5.00E-02	9.30E-02	1.10E-04	1.10E-04	2.10E-04
Np-238	—	5.32E-13	3.51E-06	3.70E-06	7.89E-06	9.11E-07	1.90E-06	6.19E-06
Np-239	—	1.54E-13	1.00E-06	1.60E-06	4.19E-06	8.00E-07	1.70E-06	5.70E-06
P-32	—	8.48E-14	3.41E-06	5.30E-06	1.50E-05	2.40E-06	5.30E-06	1.90E-05
Pa-231	—	3.78E-14	1.40E-01	1.50E-01	2.30E-01	7.11E-04	9.19E-04	1.30E-03
Pa-233	—	1.86E-13	3.89E-06	5.51E-06	1.30E-05	8.70E-07	1.90E-06	6.19E-06
Pb-210	—	2.13E-15	5.59E-03	7.19E-03	1.80E-02	6.89E-04	1.90E-03	3.59E-03
Pd-107	—	0.00E+00	5.89E-07	7.81E-07	2.00E-06	3.70E-08	8.11E-08	2.81E-07
Pd-109	—	3.73E-14	3.70E-07	6.30E-07	1.90E-06	5.49E-07	1.20E-06	4.11E-06
Pm-147	—	2.81E-17	5.00E-06	7.00E-06	1.80E-05	2.60E-07	5.70E-07	1.90E-06
Pm-148	—	6.10E-13	2.20E-06	3.70E-06	1.10E-05	2.70E-06	5.81E-06	1.90E-05
Pm-148 m	—	1.90E-12	5.70E-06	8.30E-06	2.00E-05	1.70E-06	3.51E-06	1.00E-05
Pm-149	—	4.04E-14	7.30E-07	1.20E-06	3.59E-06	9.89E-07	2.20E-06	7.41E-06
Pm-151	—	3.18E-13	4.59E-07	8.30E-07	2.60E-06	7.30E-07	1.60E-06	5.11E-06
Po-210	—	8.03E-18	4.30E-03	5.89E-03	1.40E-02	1.20E-03	2.60E-03	8.81E-03
Pr-143	—	2.06E-14	2.40E-06	3.59E-06	9.19E-06	1.20E-06	2.60E-06	8.70E-06
Pr-144	—	1.63E-13	1.80E-08	3.41E-08	1.20E-07	5.00E-08	9.51E-08	3.51E-07
Pu-238	—	6.26E-16	1.10E-01	1.10E-01	1.90E-01	2.30E-04	2.40E-04	4.00E-04
Pu-239	—	2.84E-16	1.20E-01	1.20E-01	2.00E-01	2.50E-04	2.70E-04	4.19E-04
Pu-240	—	6.01E-16	1.20E-01	1.20E-01	2.00E-01	2.50E-04	2.70E-04	4.19E-04
Pu-241	—	1.72E-18	2.30E-03	2.40E-03	2.89E-03	4.81E-06	5.11E-06	5.70E-06
Pu-242	—	4.98E-16	1.10E-01	1.20E-01	1.90E-01	2.40E-04	2.60E-04	4.00E-04
Pu-244	—	4.16E-16	1.10E-01	1.20E-01	1.90E-01	2.40E-04	2.60E-04	4.11E-04
Ra-223	—	1.21E-13	8.70E-03	1.10E-02	2.40E-02	1.00E-04	4.49E-04	1.10E-03
Ra-224	—	9.16E-15	3.41E-03	4.41E-03	9.19E-03	6.51E-05	2.60E-04	6.59E-04
Ra-225	—	1.07E-14	7.70E-03	1.00E-02	2.20E-02	9.89E-05	5.00E-04	1.20E-03
Ra-226	—	6.11E-15	9.49E-03	1.20E-02	2.89E-02	2.81E-04	8.00E-04	9.59E-04
Ra-228	—	0.00E+00	1.60E-02	2.00E-02	4.81E-02	6.89E-04	3.89E-03	5.70E-03
Rb-86	—	1.67E-13	9.30E-07	2.00E-06	7.70E-06	2.81E-06	5.89E-06	2.00E-05
Rb-87	—	7.32E-17	5.00E-07	1.10E-06	4.11E-06	1.50E-06	3.11E-06	1.00E-05
Rb-88	—	7.40E-13	1.60E-08	3.19E-08	1.20E-07	9.00E-08	1.70E-07	6.19E-07
Rb-89	—	1.97E-12	1.40E-08	2.70E-08	9.30E-08	4.70E-08	8.59E-08	3.00E-07
Rh-105	—	7.42E-14	3.51E-07	5.59E-07	1.70E-06	3.70E-07	8.00E-07	2.70E-06

Tabla A5.1. Factores de conversión a dosis efectiva (continuación)

Isótopos	Inmersión nube[1]	Exposición externa suelo	Inhalación			Ingestión		
			Adulto	Niño	Infante	Adulto	Niño	Infante
	mSv m³ / Bq s	mSv m² / Bq s	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq
Ru-103	—	4.48E-13	3.00E-06	4.19E-06	1.00E-05	7.30E-07	1.50E-06	4.59E-06
Ru-105	—	7.81E-13	1.80E-07	3.19E-07	9.81E-07	2.60E-07	5.49E-07	1.80E-06
Ru-106	—	0.00E+00	6.59E-05	9.11E-05	2.30E-04	7.00E-06	1.50E-05	4.89E-05
Sb-122	—	4.84E-13	1.10E-06	2.00E-06	6.11E-06	1.70E-06	3.70E-06	1.20E-05
Sb-124	—	1.70E-12	8.59E-06	1.30E-05	3.11E-05	2.50E-06	5.19E-06	1.60E-05
Sb-125	—	4.08E-13	1.20E-05	1.60E-05	3.81E-05	1.10E-06	2.10E-06	6.11E-06
Sb-126	—	2.71E-12	3.19E-06	5.11E-06	1.50E-05	2.40E-06	4.89E-06	1.40E-05
Sb-127	—	6.75E-13	1.90E-06	3.00E-06	7.89E-06	1.70E-06	3.59E-06	1.20E-05
Sc-46	—	1.88E-12	6.81E-06	9.81E-06	2.30E-05	1.50E-06	2.89E-06	7.89E-06
Se-79	—	1.65E-17	6.81E-06	8.70E-06	2.00E-05	2.89E-06	1.40E-05	2.81E-05
Sn-113	—	1.64E-14	2.70E-06	4.00E-06	1.00E-07	7.30E-07	1.60E-06	5.00E-06
Sn-123	—	6.50E-14	8.11E-06	1.20E-05	3.11E-05	2.10E-06	4.59E-06	1.60E-05
Sn-125	—	3.81E-13	3.11E-06	5.00E-06	1.50E-05	3.11E-06	6.70E-06	2.20E-05
Sn-126	—	4.83E-14	2.81E-05	4.11E-05	1.00E-04	4.70E-06	9.81E-06	3.00E-05
Sr-85	—	4.83E-13	7.89E-06	1.20E-05	3.00E-05	2.60E-06	5.81E-06	1.80E-05
Sr-89	—	6.86E-14	7.89E-06	1.20E-05	3.00E-05	2.60E-06	5.81E-06	1.80E-05
Sr-90	—	1.64E-15	1.60E-04	1.80E-04	4.00E-04	2.81E-05	6.00E-05	7.30E-05
Sr-91	—	7.25E-13	4.11E-07	7.70E-07	2.50E-06	6.49E-07	1.20E-06	4.00E-06
Sr-92	—	1.22E-12	2.30E-07	4.51E-07	1.50E-06	4.30E-07	8.19E-07	2.70E-06
Tb-160	—	1.05E-12	7.00E-06	1.00E-05	2.50E-05	1.60E-06	3.30E-06	1.00E-05
Tc-99	—	6.49E-17	1.30E-05	1.70E-05	3.70E-05	6.41E-07	1.30E-06	4.81E-06
Tc-99 m	—	1.14E-13	2.00E-08	3.49E-08	1.00E-07	2.20E-08	4.30E-08	1.30E-07
Tc-101	—	3.65E-13	1.20E-08	2.20E-08	7.30E-08	1.90E-08	3.49E-08	1.30E-07
Te-123 m	—	1.33E-13	5.11E-06	7.11E-06	1.60E-05	1.40E-06	2.81E-06	8.81E-06
Te-125 m	—	2.68E-14	4.19E-06	5.81E-06	1.30E-05	8.70E-07	1.90E-06	6.30E-06
Te-127	—	1.03E-14	1.40E-07	2.60E-07	7.89E-07	1.70E-07	3.59E-07	1.20E-06
Te-127 m	—	8.63E-15	9.81E-06	1.40E-05	3.30E-05	2.30E-06	5.19E-06	1.80E-05
Te-129	—	1.14E-13	3.89E-08	6.89E-08	2.30E-07	6.30E-08	1.20E-07	4.41E-07
Te-129 m	—	5.69E-14	7.89E-06	1.20E-05	2.89E-05	3.00E-06	6.59E-06	2.40E-05
Te-131	—	4.74E-13	2.81E-08	5.30E-08	2.00E-07	8.70E-08	1.90E-07	6.59E-07
Te-131 m	—	1.34E-12	9.41E-07	2.00E-06	7.59E-06	1.90E-06	4.30E-06	1.40E-05
Te-132	—	2.13E-13	2.00E-06	4.19E-06	1.80E-05	3.81E-06	8.30E-06	3.00E-05
Te-133 m	—	2.23E-12	8.70E-08	2.00E-07	8.89E-07	2.81E-07	6.30E-07	2.40E-06
Te-134	—	8.48E-13	6.81E-08	1.30E-07	4.00E-07	1.10E-07	2.20E-07	7.51E-07
Th-227	—	9.83E-14	1.00E-02	1.40E-02	3.00E-02	8.81E-06	2.30E-05	7.00E-05
Th-228	—	2.13E-15	4.00E-02	5.51E-02	1.50E-01	7.19E-05	1.40E-04	3.70E-04
Th-229	—	7.88E-14	2.40E-01	2.89E-01	5.11E-01	4.89E-04	6.19E-04	1.00E-03
Th-230	—	6.37E-16	1.00E-01	1.10E-01	2.00E-01	2.10E-04	2.40E-04	4.11E-04
Th-232	—	4.55E-16	1.10E-01	1.30E-01	2.20E-01	2.30E-04	2.89E-04	4.49E-04
Th-234	—	7.50E-15	7.70E-06	1.10E-05	3.11E-05	3.41E-06	7.41E-06	2.50E-05
U-232	—	8.11E-16	3.70E-02	4.30E-02	9.70E-02	3.30E-04	5.70E-04	8.19E-04

Tabla A5.1. Factores de conversión a dosis efectiva (continuación)

Isótopos	Inmersión nube[1]	Exposición externa suelo	Inhalación			Ingestión		
			Adulto	Niño	Infante	Adulto	Niño	Infante
	mSv m³ / Bq s	mSv m² / Bq s	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq	mSv / Bq
U-233	—	6.00E-16	9.59E-03	1.20E-02	3.00E-02	5.11E-05	7.81E-05	1.40E-04
U-234	—	5.86E-16	9.41E-03	1.20E-02	2.89E-02	4.89E-05	7.41E-05	1.30E-04
U-235	—	1.40E-13	8.51E-03	1.10E-02	2.60E-02	4.70E-05	7.11E-05	1.30E-04
U-236	—	5.03E-16	8.70E-03	1.10E-02	2.70E-02	4.70E-05	7.00E-05	1.30E-04
U-237	—	1.24E-13	1.90E-06	2.70E-06	6.41E-06	7.59E-07	1.60E-06	5.41E-06
U-238	—	4.24E-16	8.00E-03	1.00E-02	2.50E-02	4.51E-05	6.81E-05	1.20E-04
W-181	—	3.45E-14	2.70E-08	5.70E-08	1.90E-07	7.59E-08	1.60E-07	4.70E-07
W-185	—	1.71E-16	1.20E-07	2.70E-07	1.00E-06	4.41E-07	9.70E-07	3.30E-06
W-187	—	4.67E-13	1.90E-07	4.30E-07	1.50E-06	6.30E-07	1.30E-06	4.30E-06
Xe-131 m	3.70E-13	—	—	—	—	—	—	—
Xe-133	1.39E-12	—	—	—	—	—	—	—
Xe-133 m	1.28E-12	—	—	—	—	—	—	—
Xe-135	1.11E-11	—	—	—	—	—	—	—
Xe-135 m	1.85E-11	—	—	—	—	—	—	—
Xe-137	1.22E-11	—	—	—	—	—	—	—
Xe-138	5.44E-11	—	—	—	—	—	—	—
Y-90	—	1.10E-13	1.50E-06	2.70E-06	8.81E-06	2.70E-06	5.89E-06	2.00E-05
Y-91	—	7.46E-14	8.89E-06	1.30E-05	3.41E-05	2.40E-06	5.19E-06	1.80E-05
Y-91 m	—	5.09E-13	1.10E-08	2.00E-08	5.89E-08	1.10E-08	2.10E-08	6.00E-08
Y-92	—	3.82E-13	1.80E-07	3.51E-07	1.20E-06	4.89E-07	1.00E-06	3.59E-06
Y-93	—	2.10E-13	4.19E-07	8.51E-07	3.00E-06	1.20E-06	2.50E-06	8.49E-06
Zn-65	—	5.39E-13	2.20E-06	3.81E-06	1.00E-05	3.89E-06	6.41E-06	1.60E-05
Zn-69	—	2.08E-14	2.81E-08	4.70E-08	1.50E-07	3.11E-08	6.00E-08	2.20E-07
Zn-69 m	—	3.98E-13	2.70E-07	5.41E-07	1.70E-06	3.30E-07	7.00E-07	2.30E-06
Zr-93	—	0.00E+00	2.50E-05	9.70E-06	6.41E-06	1.10E-06	5.81E-07	7.59E-07
Zr-95	—	7.02E-13	5.89E-06	8.30E-06	1.90E-05	9.49E-07	1.90E-06	5.59E-06
Zr-97	—	2.50E-13	9.19E-07	1.90E-06	5.59E-06	2.10E-06	4.41E-06	1.40E-05

Anexo VI: Factores de bioacumulación y transferencia

Tabla A6.1. Factores de bioacumulación y transferencia para las vías consideradas

Isótopos	Pescado de río	Pescado de mar	Marisco	Vegetales	Leche de vaca	Leche de cabra	Carne
	litro/kg	litro/kg	litro/kg	kg/kg	día/litro	día/litro	día/kg
Ac-225	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	6.00E-02
Ac-227	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	6.00E-02
Ag-110 m	2.30E+00	3.30E+03	3.30E+03	1.50E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.70E-02
Ag-111	2.30E+00	3.30E+03	3.30E+03	1.50E-01	5.00E-02	5.00E-02	1.70E-02
Am-241	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-04	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04

Tabla A6.1. Factores de bioacumulación y transferencia para las vías consideradas (continuación)

Isótopos	Pescado de río	Pescado de mar	Marisco	Vegetales	Leche de vaca	Leche de cabra	Carne
	litro/kg	litro/kg	litro/kg	kg/kg	día/litro	día/litro	día/kg
Am-242 m	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-04	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Am-243	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-04	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
As-76	1.00E+02	3.30E+02	3.30E+02	1.00E-02	6.00E-03	6.00E-03	2.00E-03
Ba-139	4.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	5.00E-03	4.00E-04	4.00E-04	3.20E-03
Ba-140	4.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	5.00E-03	4.00E-04	4.00E-04	3.20E-03
Ba-141	4.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	5.00E-03	4.00E-04	4.00E-04	3.20E-03
Ba-142	4.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	5.00E-03	4.00E-04	4.00E-04	3.20E-03
Be-10	2.00E+00	2.00E+02	2.00E+02	4.20E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-03
Be-7	2.00E+00	2.00E+02	2.00E+02	4.20E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-03
Bi-210 m	1.50E+01	1.50E+01	2.40E+01	1.50E-01	5.00E-04	5.00E-04	1.30E-02
Br-82	4.20E+02	1.50E-02	3.10E+00	7.60E-01	5.00E-02	5.00E-02	2.60E-02
Br-83	4.20E+02	1.50E-02	3.10E+00	7.60E-01	5.00E-02	5.00E-02	2.60E-02
Br-84	4.20E+02	1.50E-02	3.10E+00	7.60E-01	5.00E-02	5.00E-02	2.60E-02
C-14	4.60E+03	1.80E+03	1.40E+03	5.50E+00	1.20E-02	1.00E-01	3.10E-02
Ca-41	4.00E+01	5.00E-01	1.30E+01	3.60E-02	8.00E-03	4.70E-01	4.00E-03
Cd-109	2.00E+02	3.00E+03	3.00E+03	3.00E-01	1.20E-04	1.20E-04	5.30E-04
Cd-113 m	2.00E+02	3.00E+03	3.00E+03	3.00E-01	1.20E-04	1.20E-04	5.30E-04
Cd-115 m	2.00E+02	3.00E+03	3.00E+03	3.00E-01	1.20E-04	1.20E-04	5.30E-04
Ce-139	1.00E+00	1.00E+01	6.00E+02	2.50E-03	1.00E-04	1.00E-04	1.20E-03
Ce-141	1.00E+00	1.00E+01	6.00E+02	2.50E-03	1.00E-04	1.00E-04	1.20E-03
Ce-143	1.00E+00	1.00E+01	6.00E+02	2.50E-03	1.00E-04	1.00E-04	1.20E-03
Ce-144	1.00E+00	1.00E+01	6.00E+02	2.50E-03	1.00E-04	1.00E-04	1.20E-03
Cm-242	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-243	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-244	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-245	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-246	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-247	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Cm-248	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Co-57	5.00E+01	1.00E+02	1.00E+03	9.40E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.30E-02
Co-58	5.00E+01	1.00E+02	1.00E+03	9.40E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.30E-02
Co-60	5.00E+01	1.00E+02	1.00E+03	9.40E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.30E-02
Cr-51	2.00E+02	4.00E+02	2.00E+03	2.50E-04	2.20E-03	2.20E-03	2.40E-03
Cs-134	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cs-134 m	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cs-135	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cs-136	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cs-137	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cs-138	2.00E+03	4.00E+01	2.50E+01	1.00E-02	1.20E-02	3.00E-01	4.00E-03
Cu-64	5.00E+01	6.70E+02	1.70E+03	1.20E-01	1.40E-02	1.30E-02	8.00E-03
Eu-152	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Eu-154	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Eu-155	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03

Tabla A6.1. Factores de bioacumulación y transferencia para las vías consideradas (continuación)

Isótopos	Pescado de río	Pescado de mar	Marisco	Vegetales	Leche de vaca	Leche de cabra	Carne
	litro/kg	litro/kg	litro/kg	kg/kg	día/litro	día/litro	día/kg
Eu-156	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
F-18	1.00E+01	3.60E+00	3.60E+00	6.50E-04	1.40E-02	1.40E-02	1.50E-01
Fe-55	1.00E+02	3.00E+03	2.00E+04	6.60E-04	1.20E-03	1.30E-03	4.00E-02
Fe-59	1.00E+02	3.00E+03	2.00E+04	6.60E-04	1.20E-03	1.30E-03	4.00E-02
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hg-203	1.00E+03	1.70E+03	3.30E+04	3.80E-01	3.80E-02	3.80E-02	2.60E-01
Ho-166 m	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.40E-03
I-129	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-130	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-131	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-132	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-133	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-134	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
I-135	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.00E-02	6.00E-03	6.00E-02	2.90E-03
La-140	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
La-141	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
La-142	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Mn-54	4.00E+02	5.50E+02	4.00E+02	2.90E-02	2.50E-04	2.50E-04	8.00E-04
Mn-56	4.00E+02	5.50E+02	4.00E+02	2.90E-02	2.50E-04	2.50E-04	8.00E-04
Mo-93	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.20E-01	7.50E-03	7.50E-03	8.00E-03
Mo-99	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.20E-01	7.50E-03	7.50E-03	8.00E-03
N-13	1.50E+03	6.00E+04	1.70E+04	7.50E+00	2.20E-02	2.20E-02	7.70E-02
Na-22	1.00E+02	6.70E-02	1.90E-01	5.20E-02	4.00E-02	4.00E-02	3.00E-02
Na-24	1.00E+02	6.70E-02	1.90E-01	5.20E-02	4.00E-02	4.00E-02	3.00E-02
Nb-93 m	3.00E+04	3.00E+04	1.00E+02	9.40E-03	2.50E-03	2.50E-03	2.80E-01
Nb-95	3.00E+04	3.00E+04	1.00E+02	9.40E-03	2.50E-03	2.50E-03	2.80E-01
Nb-97	3.00E+04	3.00E+04	1.00E+02	9.40E-03	2.50E-03	2.50E-03	2.80E-01
Nd-147	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.40E-03	5.00E-06	5.00E-06	3.30E-03
Ni-59	1.00E+02	1.00E+02	2.50E+02	1.90E-02	6.70E-03	6.70E-03	5.30E-03
Ni-63	1.00E+02	1.00E+02	2.50E+02	1.90E-02	6.70E-03	6.70E-03	5.30E-03
Ni-65	1.00E+02	1.00E+02	2.50E+02	1.90E-02	6.70E-03	6.70E-03	5.30E-03
Np-237	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Np-238	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Np-239	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
P-32	1.00E+05	2.90E+04	3.00E+04	1.10E+00	2.50E-02	2.50E-01	4.60E-02
Pa-231	1.10E+01	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	8.00E+02
Pa-233	1.10E+01	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	8.00E+02
Pb-210	1.00E+02	3.00E+02	1.00E+03	6.80E-02	6.20E-04	6.20E-04	2.90E-04
Pd-107	1.00E+01	1.00E+01	2.00E+03	5.00E+00	1.00E-02	1.00E-02	4.00E-03
Pd-109	1.00E+01	1.00E+01	2.00E+03	5.00E+00	1.00E-02	1.00E-02	4.00E-03
Pm-147	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Pm-148	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03

Tabla A6.1. Factores de bioacumulación y transferencia para las vías consideradas (continuación)

Isótopos	Pescado de río	Pescado de mar	Marisco	Vegetales	Leche de vaca	Leche de cabra	Carne
	litro/kg	litro/kg	litro/kg	kg/kg	día/litro	día/litro	día/kg
Pm-148 m	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Pm-149	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Pm-151	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.80E-03
Po-210	5.00E+02	3.00E+02	5.00E+03	1.50E-01	3.00E-04	1.80E-03	1.20E-02
Pr-143	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.70E-03
Pr-144	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.50E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.70E-03
Pu-238	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Pu-239	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Pu-240	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Pu-241	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Pu-242	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Pu-244	3.50E+01	3.00E+00	2.00E+02	2.50E-04	2.00E-06	2.00E-06	1.40E-05
Ra-223	5.00E+01	5.00E+01	1.00E+02	3.10E-04	8.00E-03	8.00E-03	3.40E-02
Ra-224	5.00E+01	5.00E+01	1.00E+02	3.10E-04	8.00E-03	8.00E-03	3.40E-02
Ra-225	5.00E+01	5.00E+01	1.00E+02	3.10E-04	8.00E-03	8.00E-03	3.40E-02
Ra-226	5.00E+01	5.00E+01	1.00E+02	3.10E-04	8.00E-03	8.00E-03	3.40E-02
Ra-228	5.00E+01	5.00E+01	1.00E+02	3.10E-04	8.00E-03	8.00E-03	3.40E-02
Rb-86	2.00E+03	8.30E+00	1.70E+01	1.30E-01	3.00E-02	3.00E-02	3.10E-02
Rb-87	2.00E+03	8.30E+00	1.70E+01	1.30E-01	3.00E-02	3.00E-02	3.10E-02
Rb-88	2.00E+03	8.30E+00	1.70E+01	1.30E-01	3.00E-02	3.00E-02	3.10E-02
Rb-89	2.00E+03	8.30E+00	1.70E+01	1.30E-01	3.00E-02	3.00E-02	3.10E-02
Rh-105	1.00E+01	1.00E+01	2.00E+03	1.30E+01	1.00E-02	1.00E-02	1.50E-03
Ru-103	1.00E+01	3.00E+00	1.00E+03	5.00E-02	1.00E-06	1.00E-06	4.00E-01
Ru-105	1.00E+01	3.00E+00	1.00E+03	5.00E-02	1.00E-06	1.00E-06	4.00E-01
Ru-106	1.00E+01	3.00E+00	1.00E+03	5.00E-02	1.00E-06	1.00E-06	4.00E-01
Sb-122	1.00E+00	4.00E+01	5.00E+00	1.10E-02	1.50E-03	1.50E-03	4.00E-03
Sb-124	1.00E+00	4.00E+01	5.00E+00	1.10E-02	1.50E-03	1.50E-03	4.00E-03
Sb-125	1.00E+00	4.00E+01	5.00E+00	1.10E-02	1.50E-03	1.50E-03	4.00E-03
Sb-126	1.00E+00	4.00E+01	5.00E+00	1.10E-02	1.50E-03	1.50E-03	4.00E-03
Sb-127	1.00E+00	4.00E+01	5.00E+00	1.10E-02	1.50E-03	1.50E-03	4.00E-03
Sc-46	2.00E+00	2.00E+00	1.00E+04	1.10E-03	5.00E-06	5.00E-06	1.60E-02
Se-79	1.70E+02	4.00E+03	1.00E+03	1.30E+00	4.50E-02	4.50E-02	1.50E-02
Sn-113	3.00E+03	3.00E+03	1.00E+03	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03	8.00E-02
Sn-123	3.00E+03	3.00E+03	1.00E+03	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03	8.00E-02
Sn-125	3.00E+03	3.00E+03	1.00E+03	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03	8.00E-02
Sn-126	3.00E+03	3.00E+03	1.00E+03	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03	8.00E-02
Sr-85	3.00E+01	2.00E+00	2.00E+01	1.70E-02	8.00E-04	1.40E-02	6.00E-04
Sr-89	3.00E+01	2.00E+00	2.00E+01	1.70E-02	8.00E-04	1.40E-02	6.00E-04
Sr-90	3.00E+01	2.00E+00	2.00E+01	1.70E-02	8.00E-04	1.40E-02	6.00E-04
Sr-91	3.00E+01	2.00E+00	2.00E+01	1.70E-02	8.00E-04	1.40E-02	6.00E-04
Sr-92	3.00E+01	2.00E+00	2.00E+01	1.70E-02	8.00E-04	1.40E-02	6.00E-04
Tb-160	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	5.00E-06	5.00E-06	4.40E-03

Tabla A6.1. Factores de bioacumulación y transferencia para las vías consideradas (continuación)

Isótopos	Pescado de río	Pescado de mar	Marisco	Vegetales	Leche de vaca	Leche de cabra	Carne
	litro/kg	litro/kg	litro/kg	kg/kg	día/litro	día/litro	día/kg
Tc-101	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.50E-01	2.50E-02	2.50E-02	4.00E-01
Tc-99	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.50E-01	2.50E-02	2.50E-02	4.00E-01
Tc-99 m	1.50E+01	1.00E+01	5.00E+01	2.50E-01	2.50E-02	2.50E-02	4.00E-01
Te-123 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-125 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-127	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-127 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-129	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-129 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-131	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-131 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-132	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-133 m	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Te-134	4.00E+02	1.00E+01	1.00E+02	1.30E+00	1.00E-03	1.00E-03	7.70E-02
Th-227	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Th-228	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Th-229	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Th-230	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Th-232	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
Th-234	3.00E+01	1.00E+04	2.00E+03	4.20E-03	5.00E-06	5.00E-06	2.00E-04
U-232	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-233	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-234	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-235	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-236	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-237	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
U-238	2.00E+00	1.00E+01	1.00E+01	2.50E-03	5.00E-04	5.00E-04	3.40E-04
W-181	1.20E+03	3.00E+01	3.00E+01	1.80E-02	5.00E-04	5.00E-04	1.30E-03
W-185	1.20E+03	3.00E+01	3.00E+01	1.80E-02	5.00E-04	5.00E-04	1.30E-03
W-187	1.20E+03	3.00E+01	3.00E+01	1.80E-02	5.00E-04	5.00E-04	1.30E-03
Y-90	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	1.00E-05	1.00E-05	4.60E-03
Y-91	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	1.00E-05	1.00E-05	4.60E-03
Y-91 m	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	1.00E-05	1.00E-05	4.60E-03
Y-92	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	1.00E-05	1.00E-05	4.60E-03
Y-93	2.50E+01	2.50E+01	1.00E+03	2.60E-03	1.00E-05	1.00E-05	4.60E-03
Zn-65	2.00E+03	2.00E+03	5.00E+04	4.00E-01	3.90E-02	3.90E-02	3.00E-02
Zn-69	2.00E+03	2.00E+03	5.00E+04	4.00E-01	3.90E-02	3.90E-02	3.00E-02
Zn-69 m	2.00E+03	2.00E+03	5.00E+04	4.00E-01	3.90E-02	3.90E-02	3.00E-02
Zr-93	3.30E+00	2.00E+02	8.00E+01	1.70E-04	5.00E-06	5.00E-06	3.40E-02
Zr-95	3.30E+00	2.00E+02	8.00E+01	1.70E-04	5.00E-06	5.00E-06	3.40E-02
Zr-97	3.30E+00	2.00E+02	8.00E+01	1.70E-04	5.00E-06	5.00E-06	3.40E-02

Anexo VII: Parámetros de cálculo

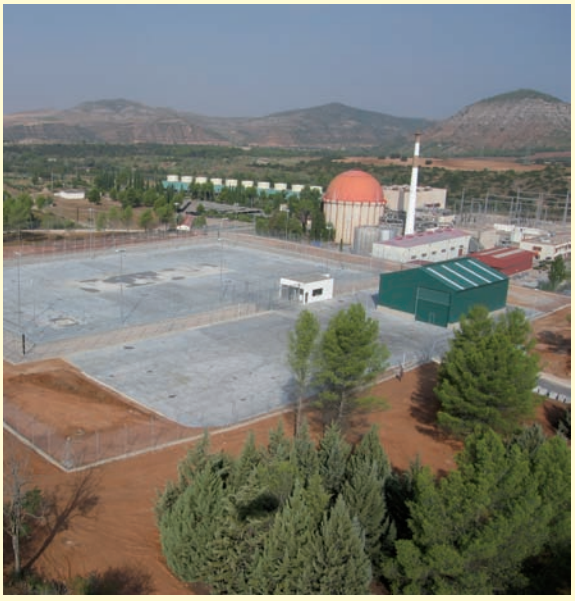
Tabla A7.1. Parámetros de los modelos de cálculo de dosis para efluentes líquidos y gaseosos

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
$f_{anf,p}$	Fracción ingerida por el animal no contaminada				
	Pasto	—	0		
	Agua	—	0		
$f_{c,p}$	Fracción de consumo de vegetales contaminados por efluentes gaseosos				
	Vegetales sin hoja	—	0.76	R.G.1.109	(Pg. 28)
	Resto	—	1	R.G.1.109	”
f_{pst}	Fracción del tiempo en que los animales pastan				
	Ganado	—	1	DOGALI-2000	
f_{pst}^{pasto}	Fracción del alimento animal que es pasto durante f_{pst}				
	Ganado	—	1	DOGALI-2000	
F	Proporción de masa de la planta que es:				
	Agua	—	0.75	GASPAR-II	(Pg. 3.18)
	Carbono	—	0.11	GASPAR-II	(Pg. 3.21)
FID	Fracción de yodo depositable				
	Todos	—	0.5	R.G.1.109	(Pg. 26)
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales	litro/m^2 mes	—	Específico del emplazamiento	
K_S	Constante de transferencia desde el agua al sedimento				
	Sedimentos	litro/m^2 mes	100	LADTAP-II	(Pg. 3.20)
p	Proporción de equilibrio entre la atmósfera y la planta de:				
	H-3	—	0.5	GASPAR-II	(Pg. 3.18)
	C-14	—	1	GASPAR-II	(Pg. 3.21)
P	Densidad superficial efectiva del suelo (zona de raíces)				
	Vegetales	kg seco/m^2	240	LADTAP-II	(Pg. 3.25)
				GASPAR-II	(Pg. 3.18)
Q_{anfV}	Tasa de consumo de alimento vegetal por animal				
	Vaca	kg/día	50	LADTAP-II	(Pg. 3.27)
				GASPAR-II	(Pg. 3.22)
	Cabra	kg/día	6	R.G.1.109	Tabla E-3 (Pg. 38)
Q_{anfW}	Tasa de consumo de agua por animal				
	Vaca de leche	litros/día	60	LADTAP-II	(Pg.3.26)
	Vaca de carne	litros/día	50	LADTAP-II	(Pg.3.26)
	Cabra	litros/día	8	R.G.1.109	Tabla E-3 (Pg. 38)
r	Fracción de la actividad depositada retenida en las hojas				
	Líquidos	—	0.25	LADTAP-II	(Pg. 3.24)
	Yodos en gases	—	1	GASPAR-II	(Pg. 3.17)
	Otras partículas en gases	—	0.2	GASPAR-II	”
S_F	Factor de apantallamiento por edificios				
	Gaseosos	—	0.7	GASPAR	(Pg. 3.13)

Tabla A7.1. Parámetros de los modelos de cálculo de dosis para efluentes líquidos y gaseosos (continuación)

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
t_b	Tiempo en que la vía de exposición está expuesta a los radionucleidos				
	Líquidos	año	15	R.G.1.109	(Pg.14), en LADTAP-II (Pg. 3.21) es 20 años
	Gaseosos	año	15	GASPAR-II	(Pg. 24)
	Irrigación de vegetales de consumo humano	día	60	LADTAP-II	(Pg. 3.24)
	Irrigación de pasto	día	30	LADTAP-II	”
	Exposición a depósitos de vegetales de consumo humano	día	60	GASPAR-II	(Pg. 3.17)
	Exposición a depósitos de pasto y forraje	día	30	GASPAR-II	”
$t_{h,p}$	Tiempo de retardo en la vía de exposición				
	Vegetales de hoja	hr	24	LADTAP-II	Valor máximo Tabla 3.4 (Pg. 3.24)
				GASPAR-II	Valor máximo Tabla 3.2 (Pg. 3.17)
	Vegetales sin hoja	hr	336	LADTAP-II	”
				GASPAR-II	”
	Leche	hr	48	LADTAP-II	”
				GASPAR-II	”
	Carne	hr	480	LADTAP-II	”
				GASPAR-II	”
	Exposición en orillas	hr	0	LADTAP-II	(Pg. 3.20)
	Agua potable	hr	12	LADTAP-II	(Pg. 3.15)
	Alimentos acuáticos	hr	24	LADTAP-II	(Pg. 3.14)
	Pasto	hr	0	GASPAR-II	(Pg. 3.22)
	Forraje	hr	2160	GASPAR-II	”
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	$7.8x10^{-3}$	Específico del emplazamiento	
	Carbono	kg/m^3	$1.6x10^{-4}$	GASPAR-II	(Pg. 3.21)
W	Factor de anchura de la orilla				
	Lago	—	0.3	R.G.1.109	Tabla A-2 (Pg. 15)
	Río	—	0.2	R.G.1.109	”
Y_v	Rendimiento agrícola de la cosecha				
	Vegetales de consumo humano	kg húmedo/m^2	2.0	LADTAP-II	(Pg. 3.24)
				GASPAR-II	(Pg. 3.17)
	Pasto y forraje	kg húmedo/m^2	0.7	LADTAP-II	”
				GASPAR-II	”
$I_{w,i}$	Constante de eliminación por lavado de la superficie de los vegetales				
	Vegetales	$día^{-1}$	$4.95x10^{-2}$	LADTAP-II	(Pg. 3.24)
				GASPAR-II	(Pg. 3.17)

Anexo VIII: Central nuclear José Cabrera



Provincia:	Guadalajara
Tecnología:	PWR Westinghouse
Potencia:	160 MWe (510 MWt)
Comienzo de la operación:	Julio de 1968
Energía eléctrica bruta producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	33,8 TWh (3,86 GW x año)

La central nuclear José Cabrera consiste en un reactor de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse de un solo lazo de refrigeración y 510 MW de potencia térmica que comenzó su operación en julio de 1968 y actualmente se encuentra en fase de desmantelamiento, tras su parada definitiva el 30 de abril de 2006.

Se presentan a continuación los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear José Cabrera desde su entrada en funcionamiento (1968) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km, vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A8.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear José Cabrera se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Guadalajara (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A8.8) y las particularidades de la zona en lo

referente al consumo de agua del río Tajo aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A8.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua de los embalses de Zorita y Almoguera o directamente del río Tajo. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el río o embalse es fronterizo o atraviesa el término municipal.
- En estos municipios, se considera como vía de ingestión el agua bebida por animales y los pastos regados. Además, los vegetales de consumo humano también son regados.
- Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año excepto en Illana, donde la producción es anual, por haber piscifactoría.
- Se considera que todas las vías de exposición se toman del embalse de Almoguera en todas las poblaciones excepto en Zorita de los Canes, donde la exposición a orillas y el agua de bebida de animales son del embalse de Zorita.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A8.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

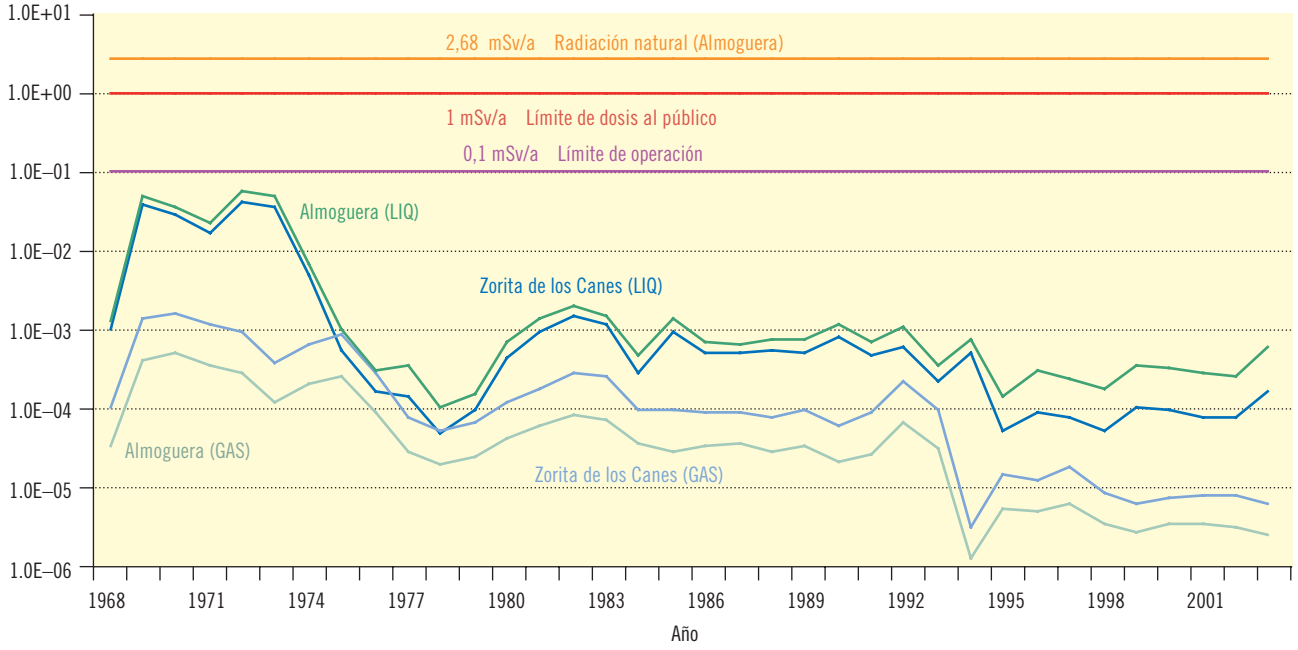
	Vías de exposición								
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río	Vegetales Hoja	Resto de Vegetales	Leche vaca	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Zorita de los Canes	✓	—	✓	—	✓	—	—	✓	✓
Yebra	✓	—	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓
Almoguera, Leganiel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mazuecos, Driebes, Estremera	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
Illana	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Barajas de Melo	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resto	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Las concentraciones de actividad cada año en los embalses de Zorita y de Almoguera se han estimado a partir de un modelo de doble embalse, que considera que ambos están conectados, y la acumulación de radionucleidos en dichos embalses en los años precedentes.

Resultados

En la figura A8.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas. En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Almoguera.

Figura A8.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A8.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear José Cabrera.

En la figura A8.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Almoguera en el último año del periodo de estudio (año 2003) por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A8.3 se muestra la comparativa de dosis artificial desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para el año 2003.

En la figura A8.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A8.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el muni-

cipio de mayor dosis acumulada es Illana (2.67E-1 mSv) y el de menor es Pozo de Guadalajara (1.02E-4 mSv).

Finalmente, la figura A8.5 y la tabla A8.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A8.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca										
Alcohujate	3.81E-06	4.84E-05	6.01E-05	4.16E-05	3.32E-05	1.37E-05	2.35E-05	2.93E-05	1.02E-05	3.31E-06
Barajas de Melo	1.04E-03	4.12E-02	3.03E-02	1.81E-02	4.72E-02	3.97E-02	5.54E-03	6.97E-04	1.89E-04	1.75E-04
Buendía	7.52E-06	9.52E-05	1.18E-04	8.18E-05	6.52E-05	2.70E-05	4.62E-05	5.64E-05	2.11E-05	7.22E-06
Cañaveruelas	4.48E-06	5.69E-05	7.06E-05	4.89E-05	3.90E-05	1.61E-05	2.76E-05	3.46E-05	1.20E-05	3.89E-06
Huete	1.20E-06	1.51E-05	1.88E-05	1.30E-05	1.04E-05	4.32E-06	7.37E-06	8.23E-06	3.26E-06	1.19E-06
Leganiel	1.20E-03	4.74E-02	3.55E-02	2.12E-02	5.51E-02	4.63E-02	6.56E-03	1.05E-03	3.21E-04	3.32E-04
Portalrubio de Guadamejud	1.30E-06	1.64E-05	2.04E-05	1.41E-05	1.13E-05	4.67E-06	7.99E-06	9.31E-06	3.53E-06	1.24E-06
Puebla de Don Francisco	2.65E-06	3.33E-05	4.14E-05	2.86E-05	2.29E-05	9.49E-06	1.62E-05	1.83E-05	7.58E-06	2.81E-06
Saceda-Trasierra	6.38E-06	8.02E-05	9.96E-05	6.89E-05	5.50E-05	2.28E-05	3.90E-05	4.46E-05	1.83E-05	6.72E-06
Tinajas	1.89E-06	2.39E-05	2.96E-05	2.05E-05	1.64E-05	6.78E-06	1.16E-05	1.39E-05	5.10E-06	1.74E-06
Vellisca	1.89E-06	2.35E-05	2.93E-05	2.02E-05	1.62E-05	6.74E-06	1.15E-05	1.20E-05	5.55E-06	2.20E-06
Villalba del Rey	2.66E-06	3.37E-05	4.18E-05	2.90E-05	2.31E-05	9.56E-06	1.64E-05	1.99E-05	7.16E-06	2.40E-06
Guadalajara										
Albalate de Zorita	1.60E-05	2.02E-04	2.51E-04	1.73E-04	1.38E-04	5.73E-05	9.81E-05	1.17E-04	4.67E-05	1.67E-05
Albares	9.67E-06	1.22E-04	1.51E-04	1.05E-04	8.35E-05	3.46E-05	5.92E-05	6.90E-05	2.78E-05	1.01E-05
Alcocer	3.15E-06	3.99E-05	4.96E-05	3.43E-05	2.74E-05	1.13E-05	1.94E-05	2.41E-05	8.38E-06	2.73E-06
Alhóndiga	7.99E-06	1.02E-04	1.26E-04	8.73E-05	6.95E-05	2.87E-05	4.92E-05	6.23E-05	2.12E-05	6.70E-06
Almoguera	1.22E-03	4.76E-02	3.57E-02	2.14E-02	5.52E-02	4.63E-02	6.64E-03	1.15E-03	3.54E-04	3.42E-04
Almonacid de Zorita	3.59E-05	4.54E-04	5.64E-04	3.90E-04	3.11E-04	1.28E-04	2.20E-04	2.72E-04	1.03E-04	3.52E-05
Alocén	5.17E-06	6.55E-05	8.13E-05	5.63E-05	4.49E-05	1.85E-05	3.18E-05	3.93E-05	1.42E-05	4.70E-06
Aranzueque	2.24E-06	2.79E-05	3.47E-05	2.39E-05	1.92E-05	7.98E-06	1.36E-05	1.41E-05	6.72E-06	2.70E-06
Armuña de Tajuña	2.27E-06	2.84E-05	3.53E-05	2.44E-05	1.95E-05	8.10E-06	1.38E-05	1.52E-05	6.56E-06	2.50E-06
Auñón	8.37E-06	1.06E-04	1.32E-04	9.13E-05	7.27E-05	3.00E-05	5.15E-05	6.42E-05	2.31E-05	7.65E-06
Berninches	5.33E-06	6.78E-05	8.41E-05	5.82E-05	4.64E-05	1.92E-05	3.29E-05	4.13E-05	1.39E-05	4.39E-06
Driebes	1.11E-03	4.37E-02	3.28E-02	1.96E-02	5.09E-02	4.27E-02	6.06E-03	9.52E-04	2.98E-04	3.06E-04
Escariche	3.21E-06	4.01E-05	4.98E-05	3.44E-05	2.75E-05	1.14E-05	1.95E-05	2.10E-05	9.63E-06	3.79E-06
Escopete	5.68E-06	7.08E-05	8.80E-05	6.08E-05	4.87E-05	2.02E-05	3.45E-05	3.65E-05	1.78E-05	7.20E-06
Fuentelencina	6.84E-06	8.62E-05	1.07E-04	7.41E-05	5.91E-05	2.45E-05	4.19E-05	4.92E-05	1.92E-05	6.83E-06
Fuentelviejo	2.72E-06	3.41E-05	4.24E-05	2.93E-05	2.34E-05	9.72E-06	1.66E-05	1.83E-05	7.94E-06	3.03E-06
Fuentenovilla	3.80E-06	4.73E-05	5.88E-05	4.06E-05	3.25E-05	1.35E-05	2.31E-05	2.36E-05	1.14E-05	4.62E-06
Hontoba	3.40E-06	4.23E-05	5.26E-05	3.64E-05	2.91E-05	1.21E-05	2.07E-05	2.15E-05	1.05E-05	4.26E-06
Horche	1.67E-06	2.09E-05	2.60E-05	1.80E-05	1.44E-05	5.98E-06	1.02E-05	1.11E-05	4.76E-06	1.81E-06
Hueva	5.31E-06	6.66E-05	8.27E-05	5.72E-05	4.57E-05	1.90E-05	3.24E-05	3.64E-05	1.58E-05	6.02E-06
Illana	1.43E-03	5.67E-02	4.15E-02	2.48E-02	6.45E-02	5.42E-02	7.57E-03	9.83E-04	2.26E-04	1.91E-04
Irueste	3.24E-06	4.09E-05	5.08E-05	3.51E-05	2.81E-05	1.16E-05	1.99E-05	2.30E-05	8.74E-06	3.08E-06
Loranca de Tajuña	1.77E-06	2.21E-05	2.74E-05	1.90E-05	1.52E-05	6.31E-06	1.08E-05	1.15E-05	5.08E-06	1.97E-06

Tabla A8.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Mazuecos	1.11E-03	4.38E-02	3.29E-02	1.97E-02	5.09E-02	4.28E-02	6.10E-03	1.00E-03	3.15E-04	3.11E-04
Mondéjar	3.39E-06	4.22E-05	5.25E-05	3.63E-05	2.90E-05	1.21E-05	2.06E-05	2.09E-05	1.01E-05	4.11E-06
Moratilla de los Meleros	3.69E-06	4.63E-05	5.75E-05	3.98E-05	3.18E-05	1.32E-05	2.26E-05	2.52E-05	1.09E-05	4.12E-06
Pastrana	1.25E-05	1.57E-04	1.95E-04	1.35E-04	1.08E-04	4.46E-05	7.64E-05	8.92E-05	3.62E-05	1.32E-05
Peñalver	4.02E-06	5.07E-05	6.30E-05	4.36E-05	3.48E-05	1.44E-05	2.47E-05	2.87E-05	1.10E-05	3.86E-06
Pioz	1.28E-06	1.60E-05	1.99E-05	1.37E-05	1.10E-05	4.58E-06	7.81E-06	8.16E-06	3.66E-06	1.44E-06
Pozo de Almoguera	7.12E-06	8.86E-05	1.10E-04	7.61E-05	6.09E-05	2.54E-05	4.33E-05	4.48E-05	2.21E-05	9.03E-06
Pozo de Guadalajara	1.12E-06	1.40E-05	1.74E-05	1.21E-05	9.64E-06	4.02E-06	6.85E-06	7.13E-06	3.17E-06	1.24E-06
Renera	3.00E-06	3.73E-05	4.64E-05	3.20E-05	2.56E-05	1.07E-05	1.82E-05	1.89E-05	9.19E-06	3.73E-06
Romanones	1.87E-06	2.34E-05	2.91E-05	2.01E-05	1.61E-05	6.68E-06	1.14E-05	1.25E-05	5.29E-06	2.00E-06
Sacedón	7.87E-06	1.00E-04	1.25E-04	8.63E-05	6.87E-05	2.84E-05	4.87E-05	6.34E-05	2.03E-05	6.05E-06
Sayatón	6.20E-05	7.95E-04	9.86E-04	6.83E-04	5.43E-04	2.23E-04	3.84E-04	5.19E-04	1.61E-04	4.61E-05
Tendilla	2.49E-06	3.12E-05	3.88E-05	2.68E-05	2.14E-05	8.91E-06	1.52E-05	1.67E-05	7.25E-06	2.77E-06
Valdarachas	1.58E-06	1.96E-05	2.44E-05	1.69E-05	1.35E-05	5.63E-06	9.60E-06	9.76E-06	4.60E-06	1.86E-06
Valdeconcha	1.41E-05	1.78E-04	2.21E-04	1.53E-04	1.22E-04	5.06E-05	8.67E-05	1.02E-04	4.08E-05	1.47E-05
Yebes	1.55E-06	1.93E-05	2.40E-05	1.66E-05	1.33E-05	5.54E-06	9.43E-06	9.61E-06	4.45E-06	1.79E-06
Yebra	1.03E-03	4.06E-02	3.00E-02	1.79E-02	4.64E-02	3.90E-02	5.51E-03	7.55E-04	2.20E-04	1.81E-04
Zorita de los Canes	9.96E-04	3.72E-02	2.83E-02	1.68E-02	4.21E-02	3.49E-02	5.34E-03	1.32E-03	3.89E-04	2.00E-04
Madrid										
Ambite	2.43E-06	3.02E-05	3.75E-05	2.59E-05	2.08E-05	8.65E-06	1.47E-05	1.47E-05	7.57E-06	3.17E-06
Brea de Tajo	1.02E-05	1.29E-04	1.60E-04	1.11E-04	8.83E-05	3.65E-05	6.26E-05	7.60E-05	2.78E-05	9.40E-06
Estremera	1.10E-03	4.36E-02	3.27E-02	1.96E-02	5.08E-02	4.27E-02	6.02E-03	8.97E-04	2.78E-04	2.99E-04
Olmeda de las Fuentes	1.75E-06	2.18E-05	2.71E-05	1.87E-05	1.50E-05	6.27E-06	1.07E-05	1.06E-05	4.84E-06	1.95E-06
Orusco de Tajuña	2.37E-06	2.98E-05	3.70E-05	2.56E-05	2.04E-05	8.48E-06	1.45E-05	1.62E-05	6.77E-06	2.53E-06
Pezuela de las Torres	1.42E-06	1.77E-05	2.20E-05	1.52E-05	1.22E-05	5.06E-06	8.64E-06	9.11E-06	4.02E-06	1.56E-06
Villar del Olmo	1.59E-06	1.98E-05	2.46E-05	1.70E-05	1.36E-05	5.69E-06	9.68E-06	9.61E-06	4.32E-06	1.73E-06

Tabla A8.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Cuenca										
Alcohujate	2.28E-06	2.74E-06	4.69E-06	7.07E-06	9.82E-06	8.07E-06	4.15E-06	3.23E-06	3.94E-06	4.04E-06
Barajas de Melo	5.77E-05	1.06E-04	5.03E-04	1.02E-03	1.56E-03	1.17E-03	2.97E-04	9.46E-04	5.22E-04	5.01E-04
Buendía	4.77E-06	5.63E-06	9.50E-06	1.43E-05	1.87E-05	1.49E-05	8.31E-06	6.14E-06	8.08E-06	8.43E-06
Cañaveruelas	2.67E-06	3.20E-06	5.49E-06	8.27E-06	1.15E-05	9.53E-06	4.82E-06	3.79E-06	4.58E-06	4.71E-06
Huete	8.47E-07	1.02E-06	1.66E-06	2.48E-06	2.92E-06	2.05E-06	1.59E-06	9.39E-07	1.52E-06	1.58E-06
Leganiel	1.01E-04	1.51E-04	6.43E-04	1.32E-03	1.95E-03	1.35E-03	4.48E-04	1.29E-03	6.53E-04	5.80E-04
Portalrubio de Guadamejud	8.70E-07	1.04E-06	1.73E-06	2.59E-06	3.22E-06	2.41E-06	1.61E-06	1.05E-06	1.54E-06	1.59E-06
Puebla de Don Francisco	1.89E-06	2.22E-06	3.63E-06	5.45E-06	6.28E-06	4.46E-06	3.34E-06	2.04E-06	3.27E-06	3.45E-06
Saceda-Trasierra	4.48E-06	5.27E-06	8.65E-06	1.30E-05	1.52E-05	1.09E-05	7.88E-06	4.93E-06	7.73E-06	8.14E-06
Tinajas	1.21E-06	1.45E-06	2.44E-06	3.66E-06	4.74E-06	3.69E-06	2.22E-06	1.55E-06	2.12E-06	2.19E-06
Vellisca	1.48E-06	1.73E-06	2.76E-06	4.13E-06	4.23E-06	2.64E-06	2.62E-06	1.36E-06	2.59E-06	2.75E-06
Villalba del Rey	1.67E-06	2.00E-06	3.38E-06	5.08E-06	6.74E-06	5.34E-06	3.06E-06	2.20E-06	2.91E-06	3.00E-06

Tabla A8.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Guadalajara										
Albalate de Zorita	1.07E-05	1.25E-05	2.08E-05	3.15E-05	3.84E-05	2.95E-05	1.81E-05	1.26E-05	1.80E-05	1.90E-05
Albares	6.63E-06	7.78E-06	1.29E-05	1.94E-05	2.31E-05	1.72E-05	1.15E-05	7.55E-06	1.13E-05	1.19E-05
Alcocer	1.90E-06	2.28E-06	3.90E-06	5.87E-06	8.10E-06	6.60E-06	3.48E-06	2.66E-06	3.30E-06	3.38E-06
Alhóndiga	4.66E-06	5.61E-06	9.67E-06	1.46E-05	2.08E-05	1.74E-05	8.50E-06	6.85E-06	8.03E-06	8.20E-06
Almoguera	1.08E-04	1.60E-04	6.59E-04	1.35E-03	1.98E-03	1.38E-03	4.63E-04	1.30E-03	6.66E-04	5.93E-04
Almonacid de Zorita	2.26E-05	2.64E-05	4.47E-05	6.77E-05	8.84E-05	7.15E-05	3.81E-05	2.92E-05	3.75E-05	3.93E-05
Alocén	3.18E-06	3.78E-06	6.43E-06	9.70E-06	1.31E-05	1.06E-05	5.65E-06	4.31E-06	5.43E-06	5.61E-06
Aranzueque	1.78E-06	2.08E-06	3.30E-06	4.94E-06	4.94E-06	3.02E-06	3.10E-06	1.58E-06	3.10E-06	3.31E-06
Armuña de Tajuña	1.68E-06	1.98E-06	3.20E-06	4.79E-06	5.25E-06	3.55E-06	2.98E-06	1.69E-06	2.93E-06	3.10E-06
Auñón	5.09E-06	6.04E-06	1.03E-05	1.56E-05	2.12E-05	1.74E-05	8.94E-06	6.99E-06	8.62E-06	8.93E-06
Berninches	3.13E-06	3.79E-06	6.52E-06	9.80E-06	1.39E-05	1.15E-05	5.84E-06	4.58E-06	5.47E-06	5.57E-06
Driebes	9.23E-05	1.40E-04	5.85E-04	1.21E-03	1.83E-03	1.29E-03	4.14E-04	1.21E-03	6.10E-04	5.47E-04
Escariche	2.47E-06	2.87E-06	4.60E-06	6.90E-06	7.20E-06	4.69E-06	4.24E-06	2.32E-06	4.24E-06	4.53E-06
Escopete	4.54E-06	5.21E-06	8.31E-06	1.25E-05	1.23E-05	7.70E-06	7.55E-06	3.99E-06	7.70E-06	8.30E-06
Fuentelencina	4.59E-06	5.43E-06	9.02E-06	1.36E-05	1.66E-05	1.26E-05	8.14E-06	5.43E-06	7.92E-06	8.29E-06
Fuentelviejo	2.01E-06	2.36E-06	3.82E-06	5.73E-06	6.29E-06	4.29E-06	3.53E-06	2.04E-06	3.49E-06	3.69E-06
Fuentenovilla	3.07E-06	3.59E-06	5.68E-06	8.48E-06	8.32E-06	4.94E-06	5.39E-06	2.66E-06	5.37E-06	5.74E-06
Hontoba	2.74E-06	3.16E-06	5.02E-06	7.53E-06	7.40E-06	4.52E-06	4.64E-06	2.38E-06	4.70E-06	5.05E-06
Horche	1.24E-06	1.46E-06	2.36E-06	3.53E-06	3.89E-06	2.62E-06	2.22E-06	1.25E-06	2.18E-06	2.29E-06
Hueva	3.88E-06	4.51E-06	7.34E-06	1.10E-05	1.22E-05	8.55E-06	6.61E-06	3.98E-06	6.61E-06	7.03E-06
Illana	6.48E-05	1.33E-04	7.24E-04	1.35E-03	1.96E-03	1.37E-03	3.30E-04	1.15E-03	6.42E-04	6.36E-04
Irueste	2.19E-06	2.63E-06	4.34E-06	6.49E-06	8.02E-06	5.93E-06	4.07E-06	2.60E-06	3.88E-06	4.02E-06
Loranca de Tajuña	1.34E-06	1.58E-06	2.54E-06	3.79E-06	4.05E-06	2.63E-06	2.40E-06	1.30E-06	2.36E-06	2.49E-06
Mazuecos	9.60E-05	1.44E-04	5.93E-04	1.22E-03	1.84E-03	1.30E-03	4.20E-04	1.22E-03	6.17E-04	5.53E-04
Mondéjar	2.75E-06	3.22E-06	5.10E-06	7.60E-06	7.44E-06	4.37E-06	4.87E-06	2.37E-06	4.84E-06	5.16E-06
Moratilla de los Meleros	2.70E-06	3.15E-06	5.12E-06	7.70E-06	8.55E-06	5.95E-06	4.66E-06	2.78E-06	4.63E-06	4.91E-06
Pastrana	8.57E-06	1.00E-05	1.66E-05	2.49E-05	2.97E-05	2.22E-05	1.47E-05	9.73E-06	1.45E-05	1.53E-05
Peñalver	2.70E-06	3.22E-06	5.34E-06	8.00E-06	9.91E-06	7.40E-06	4.94E-06	3.22E-06	4.74E-06	4.92E-06
Pioz	9.91E-07	1.17E-06	1.87E-06	2.79E-06	2.92E-06	1.83E-06	1.80E-06	9.32E-07	1.76E-06	1.86E-06
Pozo de Almoguera	5.78E-06	6.66E-06	1.06E-05	1.58E-05	1.54E-05	9.27E-06	9.76E-06	4.95E-06	9.90E-06	1.07E-05
Pozo de Guadalajara	8.68E-07	1.03E-06	1.65E-06	2.45E-06	2.57E-06	1.61E-06	1.60E-06	8.20E-07	1.55E-06	1.64E-06
Renera	2.41E-06	2.79E-06	4.43E-06	6.65E-06	6.52E-06	3.96E-06	4.12E-06	2.10E-06	4.16E-06	4.46E-06
Romanones	1.37E-06	1.62E-06	2.62E-06	3.92E-06	4.38E-06	2.99E-06	2.46E-06	1.41E-06	2.40E-06	2.53E-06
Sacedón	4.30E-06	5.23E-06	9.19E-06	1.39E-05	2.11E-05	1.83E-05	8.01E-06	6.96E-06	7.43E-06	7.49E-06
Sayatón	3.13E-05	3.78E-05	6.82E-05	1.04E-04	1.68E-04	1.53E-04	5.59E-05	5.59E-05	5.20E-05	5.24E-05
Tendilla	1.85E-06	2.17E-06	3.51E-06	5.26E-06	5.77E-06	3.92E-06	3.25E-06	1.86E-06	3.21E-06	3.40E-06
Valdarachas	1.27E-06	1.49E-06	2.36E-06	3.52E-06	3.51E-06	2.09E-06	2.28E-06	1.12E-06	2.25E-06	2.38E-06
Valdeconcha	9.54E-06	1.12E-05	1.86E-05	2.80E-05	3.40E-05	2.58E-05	1.64E-05	1.11E-05	1.62E-05	1.70E-05
Yebes	1.23E-06	1.46E-06	2.31E-06	3.44E-06	3.48E-06	2.09E-06	2.24E-06	1.11E-06	2.20E-06	2.33E-06
Yebra	6.54E-05	1.15E-04	5.09E-04	1.02E-03	1.55E-03	1.17E-03	3.05E-04	9.20E-04	5.28E-04	5.11E-04
Zorita de los Canes	9.08E-05	1.45E-04	5.15E-04	1.01E-03	1.67E-03	1.28E-03	3.31E-04	9.16E-04	5.35E-04	5.40E-04

Tabla A8.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Madrid										
Ambite	2.05E-06	2.37E-06	3.72E-06	5.57E-06	5.14E-06	2.86E-06	3.51E-06	1.64E-06	3.55E-06	3.83E-06
Brea de Tajo	6.43E-06	7.67E-06	1.29E-05	1.95E-05	2.56E-05	2.02E-05	1.16E-05	8.38E-06	1.11E-05	1.15E-05
Estremera	8.79E-05	1.35E-04	5.76E-04	1.20E-03	1.81E-03	1.28E-03	4.06E-04	1.21E-03	6.03E-04	5.39E-04
Olmeda de las Fuentes	1.41E-06	1.68E-06	2.66E-06	3.94E-06	3.96E-06	2.29E-06	2.65E-06	1.25E-06	2.56E-06	2.70E-06
Orusco de Tajuña	1.71E-06	2.01E-06	3.28E-06	4.92E-06	5.59E-06	3.91E-06	3.04E-06	1.81E-06	2.97E-06	3.13E-06
Pezuela de las Torres	1.08E-06	1.28E-06	2.06E-06	3.07E-06	3.25E-06	2.07E-06	1.97E-06	1.04E-06	1.93E-06	2.03E-06
Villar del Olmo	1.27E-06	1.52E-06	2.41E-06	3.56E-06	3.62E-06	2.11E-06	2.42E-06	1.14E-06	2.33E-06	2.44E-06

Tabla A8.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Cuenca										
Alcohujate	3.30E-06	3.90E-06	2.35E-06	2.98E-06	7.54E-06	3.63E-06	1.35E-07	6.33E-07	5.67E-07	7.45E-07
Barajas de Melo	5.97E-04	5.45E-04	9.05E-04	5.36E-04	7.19E-04	2.48E-04	5.66E-04	6.82E-05	1.26E-04	1.02E-04
Buendía	6.88E-06	7.98E-06	4.80E-06	5.76E-06	1.44E-05	7.62E-06	2.65E-07	1.44E-06	1.22E-06	1.59E-06
Cañaveruelas	3.86E-06	4.55E-06	2.76E-06	3.51E-06	8.90E-06	4.28E-06	1.56E-07	7.49E-07	6.61E-07	8.77E-07
Huete	1.23E-06	1.43E-06	8.02E-07	8.98E-07	2.14E-06	1.20E-06	5.18E-08	2.28E-07	2.28E-07	2.61E-07
Leganiel	6.92E-04	7.04E-04	1.12E-03	6.66E-04	1.00E-03	3.41E-04	6.85E-04	1.30E-04	2.80E-04	2.15E-04
Portalrubio de Guadamejud	1.26E-06	1.47E-06	8.46E-07	9.88E-07	2.41E-06	1.28E-06	5.22E-08	2.39E-07	2.29E-07	2.74E-07
Puebla de Don Francisco	2.72E-06	3.12E-06	1.79E-06	1.96E-06	4.71E-06	2.80E-06	1.07E-07	5.66E-07	5.10E-07	6.06E-07
Saceda-Trasierra	6.47E-06	7.41E-06	4.29E-06	4.73E-06	1.14E-05	6.74E-06	2.52E-07	1.36E-06	1.20E-06	1.45E-06
Tinajas	1.75E-06	2.05E-06	1.20E-06	1.45E-06	3.58E-06	1.83E-06	7.22E-08	3.35E-07	3.12E-07	3.87E-07
Vellisca	2.14E-06	2.42E-06	1.35E-06	1.34E-06	3.10E-06	2.10E-06	8.37E-08	4.52E-07	4.16E-07	4.68E-07
Villalba del Rey	2.42E-06	2.84E-06	1.68E-06	2.06E-06	5.12E-06	2.57E-06	9.94E-08	4.61E-07	4.26E-07	5.36E-07
Guadalajara										
Albalate de Zorita	1.54E-05	1.77E-05	1.06E-05	1.20E-05	2.98E-05	1.71E-05	5.73E-07	3.45E-06	2.82E-06	3.61E-06
Albares	9.56E-06	1.10E-05	6.44E-06	7.22E-06	1.77E-05	1.02E-05	3.66E-07	2.05E-06	1.76E-06	2.18E-06
Alcocer	2.75E-06	3.25E-06	1.94E-06	2.46E-06	6.19E-06	2.98E-06	1.13E-07	5.19E-07	4.74E-07	6.15E-07
Alhóndiga	6.73E-06	7.99E-06	4.85E-06	6.30E-06	1.60E-05	7.46E-06	2.76E-07	1.27E-06	1.14E-06	1.52E-06
Almoguera	7.03E-04	7.17E-04	1.12E-03	6.77E-04	1.03E-03	3.53E-04	6.86E-04	1.32E-04	2.82E-04	2.17E-04
Almonacid de Zorita	3.25E-05	3.75E-05	2.29E-05	2.75E-05	6.95E-05	3.72E-05	1.21E-06	7.19E-06	5.74E-06	7.70E-06
Alocén	4.58E-06	5.37E-06	3.23E-06	4.00E-06	1.01E-05	5.06E-06	1.82E-07	9.20E-07	7.99E-07	1.05E-06
Aranzueque	2.57E-06	2.89E-06	1.62E-06	1.58E-06	3.63E-06	2.55E-06	9.86E-08	5.61E-07	5.04E-07	5.69E-07
Armuña de Tajuña	2.43E-06	2.77E-06	1.57E-06	1.65E-06	3.90E-06	2.44E-06	9.52E-08	5.09E-07	4.62E-07	5.36E-07
Auñón	7.35E-06	8.59E-06	5.22E-06	6.50E-06	1.65E-05	8.26E-06	2.86E-07	1.51E-06	1.27E-06	1.70E-06
Berninches	4.53E-06	5.40E-06	3.23E-06	4.20E-06	1.06E-05	4.90E-06	1.91E-07	8.18E-07	7.68E-07	1.00E-06
Driebes	6.42E-04	6.47E-04	1.01E-03	6.09E-04	9.00E-04	3.08E-04	6.10E-04	1.14E-04	2.45E-04	1.88E-04
Escariche	3.56E-06	4.00E-06	2.28E-06	2.29E-06	5.38E-06	3.63E-06	1.34E-07	7.88E-07	6.87E-07	8.00E-07
Escopete	6.54E-06	7.27E-06	4.14E-06	3.98E-06	9.25E-06	6.76E-06	2.36E-07	1.53E-06	1.28E-06	1.50E-06
Fuentelencina	6.63E-06	7.65E-06	4.48E-06	5.15E-06	1.26E-05	7.01E-06	2.61E-07	1.36E-06	1.21E-06	1.49E-06
Fuentelviejo	2.91E-06	3.30E-06	1.88E-06	1.98E-06	4.69E-06	2.96E-06	1.12E-07	6.20E-07	5.53E-07	6.48E-07
Fuentenovilla	4.43E-06	4.99E-06	2.77E-06	2.67E-06	6.08E-06	4.33E-06	1.72E-07	9.56E-07	8.73E-07	9.72E-07
Hontoba	3.94E-06	4.40E-06	2.48E-06	2.38E-06	5.48E-06	3.99E-06	1.46E-07	9.00E-07	7.76E-07	8.90E-07

Tabla A8.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Horche	1.79E-06	2.04E-06	1.15E-06	1.22E-06	2.87E-06	1.77E-06	7.15E-08	3.65E-07	3.40E-07	3.90E-07
Hueva	5.59E-06	6.33E-06	3.67E-06	3.86E-06	9.27E-06	5.90E-06	2.08E-07	1.25E-06	1.06E-06	1.28E-06
Illana	8.03E-04	7.41E-04	1.33E-03	7.43E-04	1.04E-03	3.62E-04	8.73E-04	8.34E-05	1.34E-04	1.14E-04
Irueste	3.17E-06	3.69E-06	2.11E-06	2.45E-06	5.95E-06	3.17E-06	1.33E-07	5.91E-07	5.77E-07	6.82E-07
Loranca de Tajuña	1.94E-06	2.21E-06	1.24E-06	1.28E-06	2.98E-06	1.91E-06	7.73E-08	3.98E-07	3.73E-07	4.22E-07
Mazuecos	6.48E-04	6.53E-04	1.01E-03	6.14E-04	9.12E-04	3.14E-04	6.11E-04	1.15E-04	2.46E-04	1.90E-04
Mondéjar	3.98E-06	4.48E-06	2.47E-06	2.38E-06	5.40E-06	3.84E-06	1.56E-07	8.47E-07	7.85E-07	8.66E-07
Moratilla de los Meleros	3.89E-06	4.41E-06	2.54E-06	2.69E-06	6.44E-06	4.04E-06	1.48E-07	8.48E-07	7.36E-07	8.79E-07
Pastrana	1.23E-05	1.41E-05	8.32E-06	9.29E-06	2.28E-05	1.33E-05	4.67E-07	2.69E-06	2.27E-06	2.84E-06
Peñalver	3.90E-06	4.54E-06	2.62E-06	3.04E-06	7.42E-06	3.99E-06	1.60E-07	7.51E-07	7.10E-07	8.53E-07
Pioz	1.43E-06	1.64E-06	9.05E-07	9.19E-07	2.12E-06	1.38E-06	5.81E-08	2.89E-07	2.78E-07	3.08E-07
Pozo de Almoguera	8.32E-06	9.28E-06	5.23E-06	4.97E-06	1.14E-05	8.44E-06	3.07E-07	1.91E-06	1.64E-06	1.88E-06
Pozo de Guadalajara	1.26E-06	1.44E-06	7.92E-07	8.08E-07	1.86E-06	1.19E-06	5.18E-08	2.47E-07	2.43E-07	2.67E-07
Renera	3.48E-06	3.89E-06	2.19E-06	2.09E-06	4.82E-06	3.50E-06	1.30E-07	7.86E-07	6.84E-07	7.81E-07
Romanones	1.97E-06	2.26E-06	1.28E-06	1.37E-06	3.24E-06	1.97E-06	7.92E-08	3.99E-07	3.74E-07	4.31E-07
Sacedón	6.22E-06	7.50E-06	4.62E-06	6.33E-06	1.63E-05	7.04E-06	2.63E-07	1.11E-06	1.01E-06	1.41E-06
Sayatón	4.52E-05	5.48E-05	3.54E-05	5.07E-05	1.34E-04	5.56E-05	1.82E-06	8.62E-06	6.96E-06	1.08E-05
Tendilla	2.67E-06	3.03E-06	1.73E-06	1.81E-06	4.29E-06	2.70E-06	1.04E-07	5.64E-07	5.07E-07	5.92E-07
Valdarachas	1.83E-06	2.07E-06	1.14E-06	1.11E-06	2.53E-06	1.75E-06	7.31E-08	3.78E-07	3.60E-07	3.94E-07
Valdeconcha	1.38E-05	1.58E-05	9.34E-06	1.06E-05	2.61E-05	1.49E-05	5.20E-07	2.99E-06	2.51E-06	3.17E-06
Yebes	1.78E-06	2.03E-06	1.11E-06	1.10E-06	2.50E-06	1.69E-06	7.23E-08	3.60E-07	3.49E-07	3.81E-07
Yebra	6.02E-04	5.47E-04	8.94E-04	5.33E-04	7.17E-04	2.56E-04	5.55E-04	6.86E-05	1.22E-04	1.00E-04
Zorita de los Canes	5.84E-04	5.37E-04	7.99E-04	5.23E-04	7.62E-04	2.79E-04	4.65E-04	6.01E-05	8.97E-05	8.41E-05
Madrid										
Ambite	2.96E-06	3.29E-06	1.82E-06	1.67E-06	3.74E-06	2.91E-06	1.10E-07	6.71E-07	5.92E-07	6.58E-07
Brea de Tajo	9.29E-06	1.09E-05	6.45E-06	7.83E-06	1.95E-05	9.99E-06	3.74E-07	1.83E-06	1.64E-06	2.09E-06
Estremera	6.36E-04	6.40E-04	1.01E-03	6.04E-04	8.85E-04	3.01E-04	6.10E-04	1.13E-04	2.44E-04	1.87E-04
Olmeda de las Fuentes	2.04E-06	2.34E-06	1.26E-06	1.25E-06	2.80E-06	1.84E-06	8.67E-08	3.81E-07	4.00E-07	4.19E-07
Orusco de Tajuña	2.47E-06	2.82E-06	1.61E-06	1.74E-06	4.17E-06	2.51E-06	9.74E-08	5.10E-07	4.64E-07	5.46E-07
Pezuela de las Torres	1.57E-06	1.79E-06	9.94E-07	1.02E-06	2.37E-06	1.51E-06	6.38E-08	3.13E-07	3.02E-07	3.36E-07
Villar del Olmo	1.84E-06	2.12E-06	1.13E-06	1.14E-06	2.55E-06	1.64E-06	7.95E-08	3.34E-07	3.60E-07	3.74E-07

Tabla A8.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Cuenca						
Alcohujate	3.91E-07	3.02E-07	3.71E-07	3.76E-07	3.55E-07	2.87E-07
Barajas de Melo	7.15E-05	1.44E-04	1.30E-04	1.07E-04	1.07E-04	2.35E-04
Buendía	8.29E-07	6.45E-07	7.78E-07	8.15E-07	7.88E-07	6.35E-07
Cañaveruelas	4.55E-07	3.51E-07	4.29E-07	4.38E-07	4.16E-07	3.36E-07
Huete	1.56E-07	1.24E-07	1.57E-07	1.53E-07	1.39E-07	1.13E-07
Leganiel	1.59E-04	3.12E-04	2.89E-04	2.47E-04	2.40E-04	5.39E-04
Portalrubio de Guadamejud	1.57E-07	1.23E-07	1.54E-07	1.53E-07	1.41E-07	1.14E-07
Puebla de Don Francisco	3.45E-07	2.74E-07	3.37E-07	3.43E-07	3.24E-07	2.62E-07

Tabla A8.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Saceda-Trasierra	8.13E-07	6.44E-07	7.88E-07	8.10E-07	7.69E-07	6.22E-07
Tinajas	2.15E-07	1.68E-07	2.09E-07	2.08E-07	1.94E-07	1.57E-07
Vellisca	2.79E-07	2.25E-07	2.78E-07	2.82E-07	2.63E-07	2.14E-07
Villalba del Rey	2.93E-07	2.28E-07	2.83E-07	2.83E-07	2.64E-07	2.14E-07
Guadalajara						
Albalate de Zorita	1.89E-06	1.49E-06	1.77E-06	1.90E-06	1.86E-06	1.49E-06
Albares	1.19E-06	9.38E-07	1.14E-06	1.19E-06	1.14E-06	9.19E-07
Alcocer	3.27E-07	2.53E-07	3.12E-07	3.14E-07	2.95E-07	2.38E-07
Alhóndiga	7.88E-07	6.05E-07	7.43E-07	7.52E-07	7.11E-07	5.74E-07
Almoguera	1.60E-04	3.13E-04	2.90E-04	2.48E-04	2.41E-04	5.40E-04
Almonacid de Zorita	3.88E-06	3.01E-06	3.56E-06	3.84E-06	3.80E-06	3.05E-06
Alocén	5.47E-07	4.24E-07	5.16E-07	5.31E-07	5.08E-07	4.10E-07
Aranzueque	3.38E-07	2.72E-07	3.34E-07	3.43E-07	3.23E-07	2.62E-07
Armuña de Tajuña	3.12E-07	2.49E-07	3.07E-07	3.12E-07	2.93E-07	2.38E-07
Auñón	8.70E-07	6.72E-07	8.11E-07	8.48E-07	8.20E-07	6.60E-07
Berninches	5.34E-07	4.11E-07	5.12E-07	5.07E-07	4.70E-07	3.81E-07
Driebes	1.39E-04	2.73E-04	2.52E-04	2.15E-04	2.09E-04	4.70E-04
Escariche	4.60E-07	3.69E-07	4.49E-07	4.66E-07	4.45E-07	3.60E-07
Escopete	8.51E-07	6.85E-07	8.23E-07	8.74E-07	8.47E-07	6.85E-07
Fuentelencina	8.21E-07	6.46E-07	7.91E-07	8.11E-07	7.69E-07	6.22E-07
Fuentelviejo	3.72E-07	2.97E-07	3.64E-07	3.74E-07	3.54E-07	2.87E-07
Fuentenovilla	5.85E-07	4.72E-07	5.83E-07	5.94E-07	5.56E-07	4.52E-07
Hontoba	5.16E-07	4.16E-07	5.05E-07	5.28E-07	5.06E-07	4.10E-07
Horche	2.30E-07	1.84E-07	2.29E-07	2.30E-07	2.14E-07	1.74E-07
Hueva	7.10E-07	5.65E-07	6.82E-07	7.18E-07	6.93E-07	5.60E-07
Illana	7.53E-05	1.55E-04	1.35E-04	1.08E-04	1.11E-04	2.38E-04
Irueste	3.96E-07	3.13E-07	3.93E-07	3.86E-07	3.53E-07	2.87E-07
Loranca de Tajuña	2.51E-07	2.02E-07	2.51E-07	2.52E-07	2.34E-07	1.90E-07
Mazuecos	1.40E-04	2.73E-04	2.53E-04	2.16E-04	2.10E-04	4.71E-04
Mondéjar	5.26E-07	4.25E-07	5.27E-07	5.33E-07	4.97E-07	4.04E-07
Moratilla de los Meleros	4.95E-07	3.94E-07	4.79E-07	4.98E-07	4.76E-07	3.85E-07
Pastrana	1.53E-06	1.21E-06	1.46E-06	1.53E-06	1.48E-06	1.19E-06
Peñalver	4.86E-07	3.83E-07	4.77E-07	4.75E-07	4.40E-07	3.57E-07
Pioz	1.88E-07	1.51E-07	1.89E-07	1.88E-07	1.73E-07	1.41E-07
Pozo de Almoguera	1.09E-06	8.81E-07	1.07E-06	1.12E-06	1.07E-06	8.69E-07
Pozo de Guadalajara	1.65E-07	1.33E-07	1.67E-07	1.64E-07	1.50E-07	1.22E-07
Renera	4.56E-07	3.68E-07	4.48E-07	4.66E-07	4.45E-07	3.60E-07
Romanones	2.53E-07	2.02E-07	2.51E-07	2.52E-07	2.34E-07	1.90E-07
Sacedón	7.08E-07	5.35E-07	6.61E-07	6.61E-07	6.21E-07	5.01E-07
Sayatón	4.88E-06	3.60E-06	4.27E-06	4.51E-06	4.46E-06	3.56E-06
Tendilla	3.42E-07	2.73E-07	3.36E-07	3.43E-07	3.23E-07	2.62E-07
Valdarachas	2.42E-07	1.96E-07	2.44E-07	2.44E-07	2.25E-07	1.83E-07
Valdeconcha	1.70E-06	1.33E-06	1.61E-06	1.69E-06	1.64E-06	1.32E-06
Yebes	2.36E-07	1.90E-07	2.39E-07	2.37E-07	2.17E-07	1.77E-07

Tabla A8.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Yebra	6.94E-05	1.38E-04	1.25E-04	1.03E-04	1.03E-04	2.22E-04
Zorita de los Canes	5.24E-05	9.84E-05	8.99E-05	7.39E-05	7.48E-05	1.53E-04
Madrid						
Ambite	3.94E-07	3.19E-07	3.90E-07	4.04E-07	3.83E-07	3.11E-07
Brea de Tajo	1.12E-06	8.76E-07	1.08E-06	1.09E-06	1.03E-06	8.36E-07
Estremera	1.38E-04	2.72E-04	2.52E-04	2.15E-04	2.09E-04	4.70E-04
Olmeda de las Fuentes	2.72E-07	2.20E-07	2.81E-07	2.70E-07	2.41E-07	1.98E-07
Orusco de Tajuña	3.14E-07	2.50E-07	3.08E-07	3.13E-07	2.93E-07	2.38E-07
Pezuela de las Torres	2.05E-07	1.64E-07	2.06E-07	2.04E-07	1.87E-07	1.53E-07
Villar del Olmo	2.45E-07	1.98E-07	2.55E-07	2.43E-07	2.15E-07	1.76E-07

Figura A8.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Almoguera, año 2003 ***(Total: 5.38E-04 mSv)***

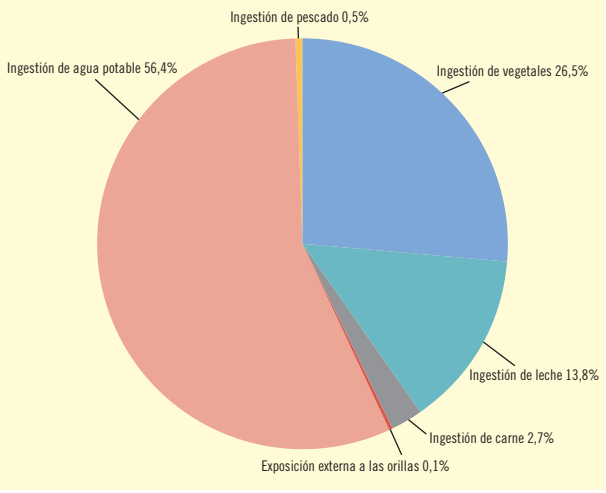


Figura A8.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Almoguera, año 2003 ***(Total: 2.14E-06 mSv)***

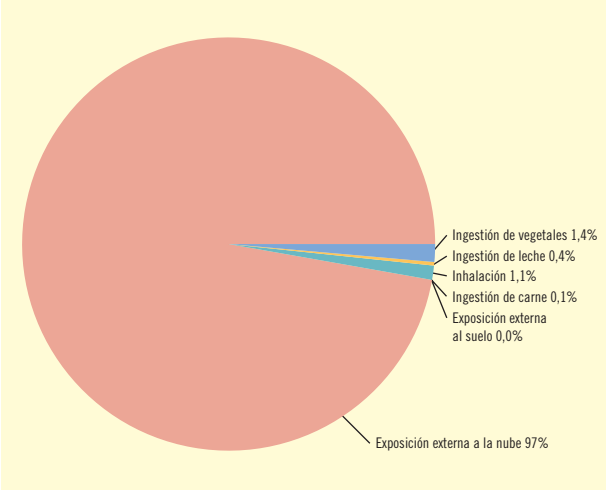
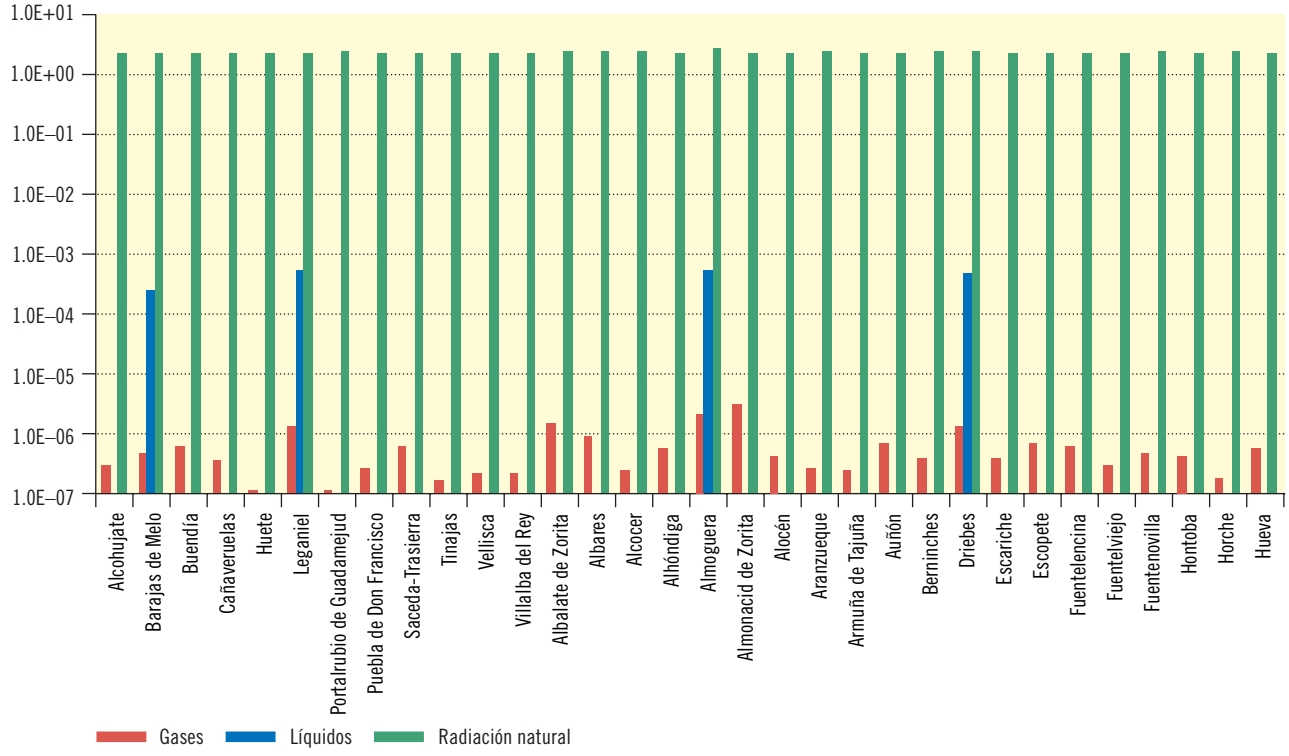


Figura A8.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003



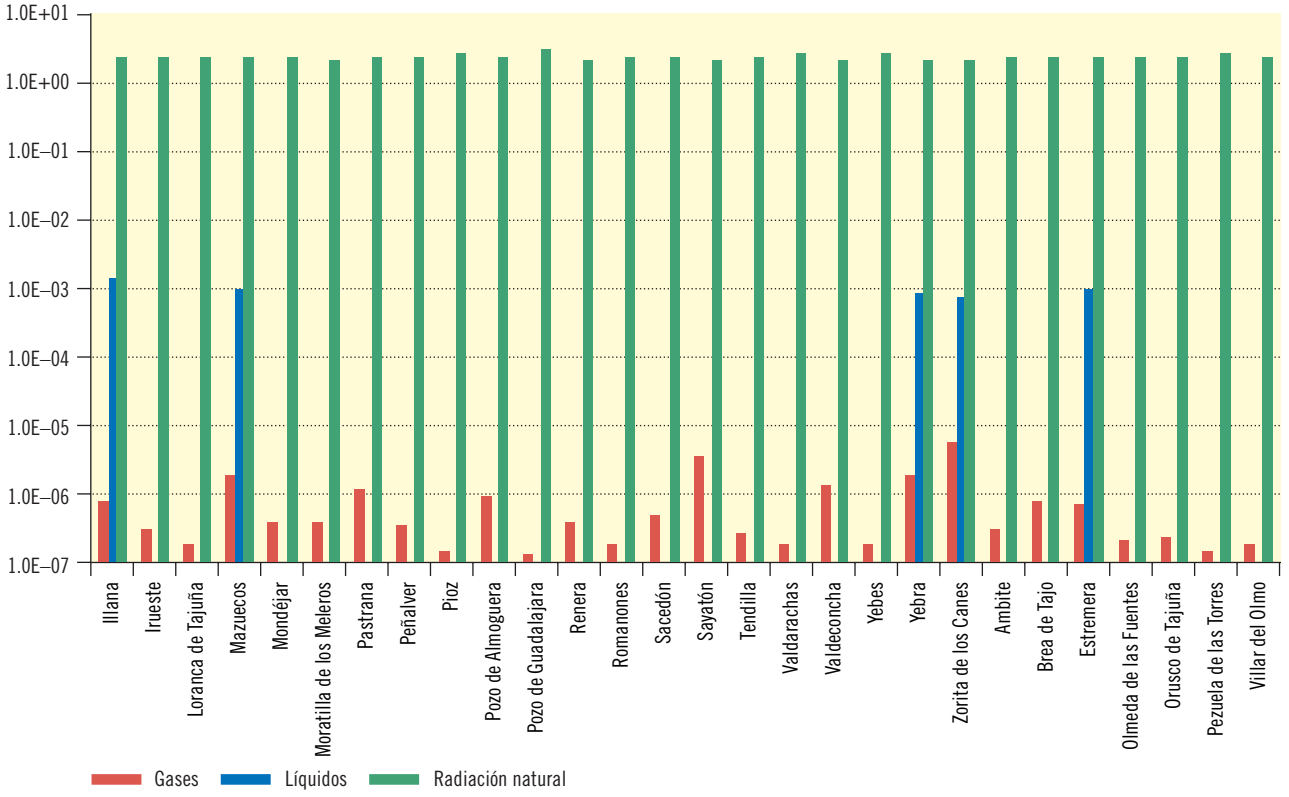


Tabla A8.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Cuenca	
Alcohujate	3.45E-04
Barajas de Melo	1.96E-01
Buendía	6.81E-04
Cañaveruelas	4.06E-04
Huete	1.09E-04
Leganiel	2.31E-01
Portalrubio de Guadamejud	1.18E-04
Puebla de Don Francisco	2.40E-04
Saceda-Trasierra	5.78E-04
Tinajas	1.71E-04
Vellisca	1.71E-04
Villalba del Rey	2.41E-04
Guadalajara	
Albalate de Zorita	1.45E-03
Albares	8.76E-04
Alcocer	2.85E-04
Alhóndiga	7.23E-04
Almoguera	2.32E-01
Almonacid de Zorita	3.25E-03
Alocén	4.68E-04
Aranzueque	2.03E-04
Armuña de Tajuña	2.05E-04
Auñón	7.58E-04
Berninches	4.82E-04
Driebes	2.13E-01
Escariche	2.91E-04
Escopete	5.16E-04
Fuentelencina	6.19E-04
Fuentelviejo	2.46E-04
Fuentenovilla	3.44E-04
Hontoba	3.08E-04

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Horche	1.51E-04
Hueva	4.81E-04
Illana	2.67E-01
Irueste	2.93E-04
Loranca de Tajuña	1.60E-04
Mazuecos	2.14E-01
Mondéjar	3.07E-04
Moratilla de los Meleros	3.35E-04
Pastrana	1.13E-03
Peñalver	3.64E-04
Pioz	1.16E-04
Pozo de Almoguera	6.46E-04
Pozo de Guadalajara	1.02E-04
Renera	2.72E-04
Romanones	1.69E-04
Sacedón	7.12E-04
Sayatón	5.61E-03
Tendilla	2.26E-04
Valdarachas	1.43E-04
Valdeconcha	1.28E-03
Yebes	1.40E-04
Yebra	1.94E-01
Zorita de los Canes	1.79E-01
Madrid	
Ambite	2.20E-04
Brea de Tajo	9.21E-04
Estremera	2.13E-01
Olmeda de las Fuentes	1.58E-04
Orusco de Tajuña	2.15E-04
Pezuela de las Torres	1.28E-04
Villar del Olmo	1.43E-04

Figura A8.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la central nuclear José Cabrera en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1968-2003

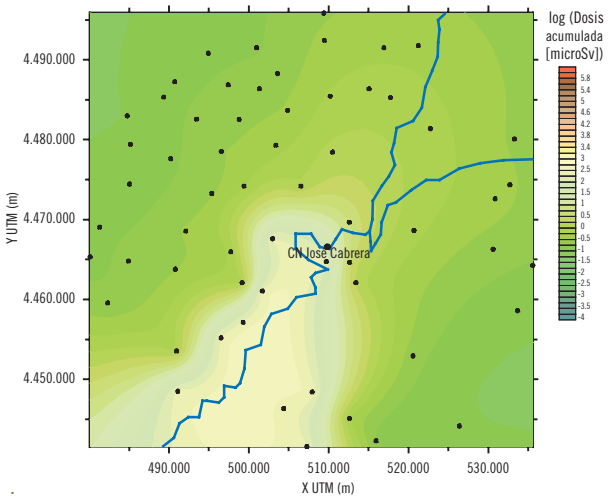


Figura A8.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por causa de la radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1968-2003

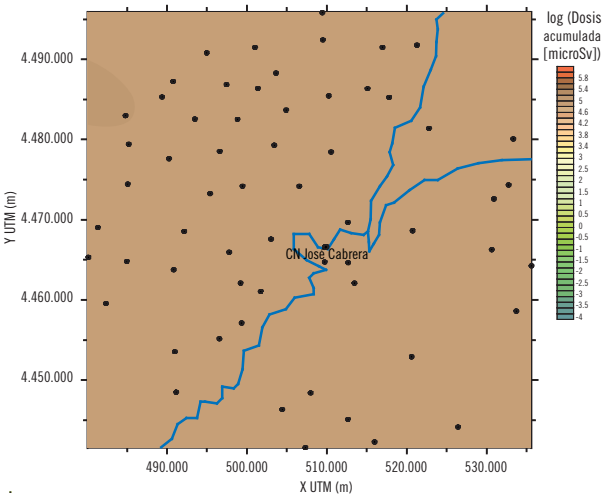


Tabla A8.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1968-2003 (mSv)

Municipio	Radón interno	Radón externo	Torón	Gamma externo	Gamma interno	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Cuenca									
Alcohujate	0,65	0,02	0,12	0,04	0,63	0,40	0,37	2,22	79,99
Barajas de Melo	0,65	0,02	0,12	0,04	0,66	0,38	0,37	2,24	80,73
Buendía	0,65	0,02	0,12	0,05	0,68	0,38	0,37	2,28	81,99
Cañaveruelas	0,65	0,02	0,12	0,05	0,68	0,39	0,37	2,28	82,12
Huete	0,65	0,02	0,12	0,04	0,67	0,40	0,37	2,28	82,02
Leganiel	0,65	0,02	0,12	0,05	0,69	0,39	0,37	2,28	82,17
Portalrubio de Guadamejud	0,65	0,02	0,12	0,05	0,71	0,40	0,37	2,32	83,43
Puebla de Don Francisco	0,53	0,02	0,10	0,06	0,73	0,39	0,37	2,20	79,25
Saceda-Trasierra	0,65	0,02	0,12	0,02	0,55	0,42	0,37	2,15	77,44
Tinajas	0,65	0,02	0,12	0,03	0,58	0,41	0,37	2,18	78,54
Vellisca	0,65	0,02	0,12	0,03	0,61	0,42	0,37	2,23	80,12
Villalba del Rey	0,65	0,02	0,12	0,03	0,58	0,39	0,37	2,16	77,67
Guadalajara									
Albalate de Zorita	0,65	0,02	0,12	0,06	0,76	0,39	0,37	2,37	85,30
Albares	0,65	0,02	0,12	0,08	0,83	0,39	0,37	2,46	88,51
Alcocer	0,65	0,02	0,12	0,05	0,72	0,39	0,37	2,33	83,80
Alhóndiga	0,65	0,02	0,12	0,04	0,63	0,40	0,37	2,23	80,38
Almoguera	0,95	0,02	0,17	0,06	0,74	0,37	0,37	2,68	96,63
Almonacid de Zorita	0,65	0,02	0,12	0,02	0,57	0,37	0,37	2,13	76,86
Alocén	0,65	0,02	0,12	0,04	0,65	0,43	0,37	2,28	82,09
Aranzueque	0,65	0,02	0,12	0,06	0,73	0,38	0,37	2,32	83,65
Armuña de Tajuña	0,65	0,02	0,12	0,04	0,64	0,38	0,37	2,22	79,86

Tabla A8.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1968-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interno	Radón externo	Torón	Gamma externo	Gamma interno	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Auñón	0,65	0,02	0,12	0,04	0,65	0,39	0,37	2,25	80,82
Berninches	0,65	0,02	0,12	0,05	0,68	0,42	0,37	2,31	83,23
Driebes	0,65	0,02	0,12	0,06	0,72	0,38	0,37	2,32	83,53
Escariche	0,65	0,02	0,12	0,03	0,60	0,39	0,37	2,19	78,84
Escopete	0,65	0,02	0,12	0,04	0,63	0,41	0,37	2,24	80,52
Fuentelencina	0,65	0,02	0,12	0,03	0,59	0,43	0,37	2,21	79,64
Fuentelviejo	0,65	0,02	0,12	0,03	0,61	0,41	0,37	2,22	79,82
Fuentenovilla	0,65	0,02	0,12	0,07	0,79	0,40	0,37	2,42	87,26
Hontoba	0,65	0,02	0,12	0,02	0,54	0,38	0,37	2,11	75,82
Horche	0,65	0,02	0,12	0,06	0,76	0,41	0,37	2,40	86,48
Hueva	0,65	0,02	0,12	0,02	0,54	0,41	0,37	2,13	76,78
Illana	0,65	0,02	0,12	0,04	0,67	0,39	0,37	2,26	81,49
Irueste	0,65	0,02	0,12	0,04	0,66	0,41	0,37	2,27	81,83
Loranca de Tajuña	0,65	0,02	0,12	0,06	0,74	0,38	0,37	2,34	84,21
Mazuecos	0,65	0,02	0,12	0,05	0,70	0,38	0,37	2,29	82,51
Mondéjar	0,65	0,02	0,12	0,04	0,65	0,40	0,37	2,25	81,09
Moratilla de los Meleros	0,65	0,02	0,12	0,02	0,57	0,40	0,37	2,15	77,54
Pastrana	0,87	0,02	0,16	0,03	0,59	0,39	0,37	2,42	87,23
Peñalver	0,65	0,02	0,12	0,04	0,64	0,42	0,37	2,27	81,56
Pioz	0,65	0,02	0,12	0,10	0,95	0,41	0,37	2,62	94,39
Pozo de Almoguera	0,65	0,02	0,12	0,05	0,71	0,39	0,37	2,32	83,44
Pozo de Guadalajara	0,65	0,02	0,12	0,14	1,12	0,41	0,37	2,84	102,14
Renera	0,65	0,02	0,12	0,02	0,57	0,39	0,37	2,14	77,20
Romanones	0,65	0,02	0,12	0,04	0,66	0,39	0,37	2,25	81,14
Sacedón	0,62	0,02	0,11	0,04	0,65	0,38	0,37	2,21	79,45
Sayatón	0,65	0,02	0,12	0,03	0,59	0,37	0,37	2,15	77,29
Tendilla	0,65	0,02	0,12	0,04	0,66	0,39	0,37	2,26	81,40
Valdarachas	0,65	0,02	0,12	0,11	0,99	0,39	0,37	2,65	95,33
Valdeconcha	0,65	0,02	0,12	0,03	0,59	0,39	0,37	2,16	77,78
Yebes	0,65	0,02	0,12	0,08	0,84	0,41	0,37	2,50	89,87
Yebra	0,65	0,02	0,12	0,02	0,57	0,39	0,37	2,14	77,10
Zorita de los Canes	0,43	0,02	0,08	0,05	0,71	0,36	0,37	2,03	73,10
Madrid									
Ambite	0,65	0,02	0,12	0,04	0,67	0,37	0,37	2,25	80,89
Brea de Tajo	0,65	0,02	0,12	0,05	0,71	0,38	0,37	2,31	83,08
Estremera	0,65	0,02	0,12	0,06	0,76	0,37	0,37	2,35	84,61
Olmeda de las Fuentes	0,65	0,02	0,12	0,07	0,81	0,39	0,37	2,43	87,66
Orusco de Tajuña	0,65	0,02	0,12	0,05	0,69	0,37	0,37	2,27	81,63
Pezuela de las Torres	0,65	0,02	0,12	0,10	0,92	0,41	0,37	2,58	92,86
Villar del Olmo	0,65	0,02	0,12	0,06	0,76	0,37	0,37	2,36	84,82

Tabla A8.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
16	Cuenca	11	Alcohujate	24.153	ENE
		27	Barajas de Melo	25.156	S
		41	Buendía	11.056	E
		51	Cañaveruelas	21.878	ENE
		112	Huete	27.888	SE
		119	Leganiel	20.979	SSW
		162	Portalrubio de Guadamejud	25.132	ESE
		173	Puebla de Don Francisco	17.389	SE
		185	Saceda-Trasierra	21.666	S
		206	Tinajas	25.844	E
		240	Vellisca	25.062	SSE
		246	Villalba del Rey	20.775	E
19	Guadalajara	6	Albalate de Zorita	5.753	SE
		7	Albares	11.579	WSW
		9	Alcocer	27.060	ENE
		18	Alhóndiga	20.444	NNE
		21	Almoguera	9.842	SW
		22	Almonacid de Zorita	3.411	SE
		23	Alocén	27.650	NNE
		36	Aranzueque	22.868	NW
		41	Armuña de Tajuña	23.776	NNW
		45	Auñón	20.291	NNE
		51	Berninches	25.897	NNE
		107	Driebes	17.546	SW
		111	Escariche	15.946	WNW
		112	Escopete	12.891	NW
		121	Fuentelencina	18.871	N
		123	Fuentelviejo	21.536	NNW
		124	Fuentenovilla	17.827	W
		142	Hontoba	17.850	NW
		143	Horche	28.445	NNW
		150	Hueva	14.247	NNW
		152	Illana	18.293	S
		155	Irueste	29.254	N
		160	Loranca de Tajuña	22.503	WNW
		176	Mazuecos	14.160	SW
		192	Mondéjar	19.239	W
		194	Moratilla de los Meleros	17.797	NNW
		212	Pastrana	8.284	NNW
		215	Peñalver	25.845	N
		220	Pioz	27.789	WNW
		224	Pozo de Almoguera	12.115	W
		225	Pozo de Guadalajara	29.943	WNW
		233	Renera	19.392	NW
		242	Romanones	26.430	NNW
		245	Sacedón	19639	NE
		252	Sayatón	4.138	NE
		266	Tendilla	22.573	NNW
		297	Valdarachas	27.755	NW
		301	Valdeconcha	11.872	N
		326	Yebes	28.139	NW
		327	Yebra	6.933	W
		335	Zorita de los Canes	1.859	S
28	Madrid	11	Ambite	24.962	W
		25	Brea de Tajo	22.967	SW
		55	Estremera	26.047	SW
		101	Olmeda de las Fuentes	28630	W
		102	Orusco de Tajuña	28.399	WSW
		111	Pezuela de las Torres	25992	WNW
		179	Villar del Olmo	29.734	W

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A8.6 y A8.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A8.6 y A8.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) para los años 1985 al 2003. Los datos de los años desde 1968 a 1984 proceden de los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) y de datos suministrados por la instalación.

Figura A8.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

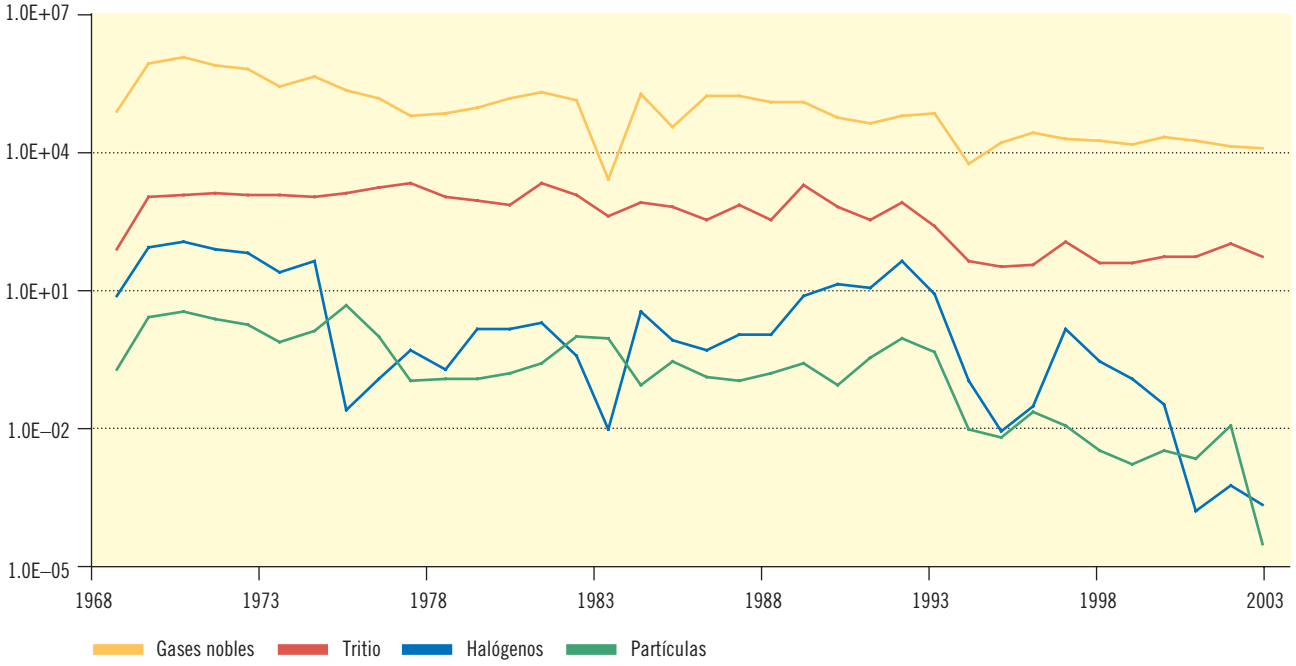


Figura A8.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

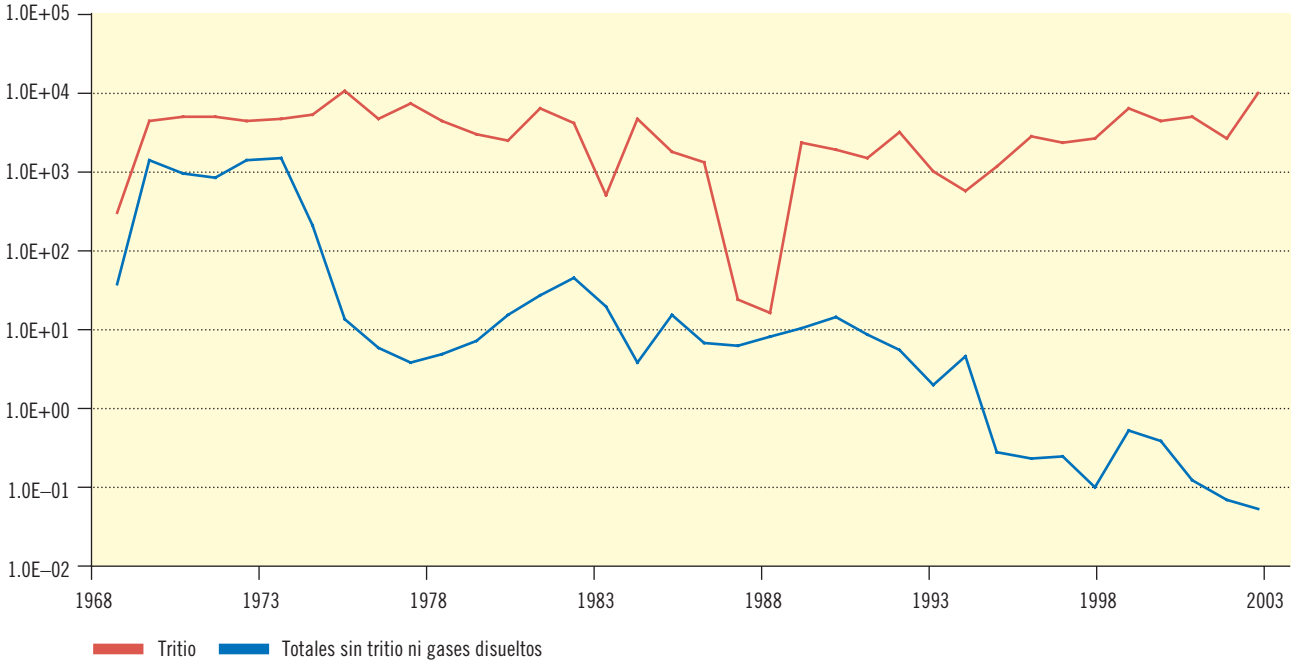


Tabla A8.6 (1/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
H-3	6.03E+10	8.77E+11	9.76E+11	1.01E+12	8.97E+11	9.18E+11	8.68E+11	1.07E+12	1.40E+12	1.72E+12
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	3.70E+07	5.55E+08	7.03E+08	4.81E+08	3.70E+08	1.48E+08	2.59E+08	9.14E+08	2.03E+08	2.06E+07
Cs-137	7.40E+07	9.25E+08	1.15E+09	7.77E+08	6.29E+08	2.59E+08	4.44E+08	1.59E+09	3.39E+08	3.44E+07
Co-58	0.00E+00	0.00E+00	3.70E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+08	6.39E+06	6.48E+05
Co-60	3.70E+07	5.55E+08	6.66E+08	4.81E+08	3.70E+08	1.48E+08	2.59E+08	1.02E+09	2.01E+08	2.04E+07
I-133	2.44E+09	2.93E+10	3.65E+10	2.50E+10	2.02E+10	8.33E+09	1.43E+10	8.02E+06	3.88E+07	1.64E+08
I-131	1.70E+09	2.06E+10	2.58E+10	1.77E+10	1.42E+10	5.88E+09	1.01E+10	5.66E+06	2.74E+07	1.16E+08
I-135	1.63E+09	1.94E+10	2.42E+10	1.66E+10	1.34E+10	5.55E+09	9.51E+09	5.33E+06	2.57E+07	1.09E+08
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	5.34E+13	6.42E+14	8.01E+14	5.50E+14	4.42E+14	1.83E+14	3.14E+14	1.26E+14	7.47E+13	2.80E+13
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	8.97E+12	1.08E+14	1.35E+14	9.24E+13	7.44E+13	3.08E+13	5.28E+13	5.10E+13	5.27E+13	2.58E+13
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+10	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.6 (2/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
H-3	8.32E+11	6.92E+11	5.91E+11	1.65E+12	9.43E+11	3.06E+11	6.14E+11	4.97E+11	2.66E+11	5.80E+11
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	2.29E+07	2.28E+07	2.02E+07	2.50E+07	9.63E+07	2.89E+07	6.94E+06	1.88E+07	1.69E+07	2.43E+07
Cs-137	3.82E+07	3.81E+07	4.25E+07	6.01E+07	2.31E+08	6.86E+07	1.47E+07	5.19E+07	3.49E+07	3.87E+07
Co-58	7.20E+05	7.17E+05	2.60E+05	1.27E+01	4.89E+01	5.47E+07	1.68E+05	5.46E+06	1.94E+06	3.87E+05
Co-60	2.26E+07	2.26E+07	6.06E+07	1.10E+08	4.23E+08	5.13E+08	4.42E+07	1.46E+08	4.24E+07	1.39E+07
I-133	6.21E+07	4.63E+08	2.94E+06	8.39E+06	6.89E+05	3.01E+06	1.29E+09	1.56E+08	1.16E+08	3.63E+08
I-131	4.39E+07	3.26E+08	9.02E+08	1.14E+09	2.11E+08	2.12E+06	7.06E+08	1.70E+08	1.99E+08	3.93E+08
I-135	4.12E+07	3.07E+08	2.59E+08	3.29E+08	6.06E+07	1.99E+06	6.78E+08	3.01E+08	4.75E+07	5.59E+07
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.43E+06	7.81E+05	2.00E+04	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	4.70E+13	6.72E+13	1.05E+14	1.36E+14	1.03E+14	1.95E+12	1.36E+14	2.43E+13	1.26E+14	1.24E+14
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.14E+13	1.09E+13	1.61E+13	2.56E+13	9.40E+12	1.47E+11	9.92E+12	3.49E+12	1.48E+13	1.85E+13
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.6 (3/4) Isotópico vertido en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
H-3	2.60E+11	1.53E+12	5.17E+11	2.66E+11	6.61E+11	1.93E+11	3.49E+10	2.53E+10	2.66E+10	8.89E+10
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.51E+07	3.94E+05	3.02E+04	2.29E+03	1.33E+05
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.71E+06	4.84E+07	3.16E+06	5.01E+05	4.62E+04	1.77E+05
Cs-134	3.79E+07	5.12E+07	1.76E+07	4.76E+07	1.90E+08	6.07E+07	0.00E+00	1.50E+06	0.00E+00	2.13E+05
Cs-137	5.77E+07	1.29E+08	4.26E+07	1.78E+08	4.49E+08	2.19E+08	2.38E+06	1.62E+06	1.65E+07	4.14E+06
Co-58	4.21E+04	8.84E+05	1.14E+05	1.80E+06	9.68E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+06
Co-60	2.16E+07	3.03E+06	2.71E+06	2.19E+07	1.03E+07	1.28E+06	1.15E+06	8.29E+05	0.00E+00	3.01E+06
I-133	4.97E+08	2.07E+09	4.03E+09	2.69E+09	8.42E+09	4.04E+09	5.74E+07	3.62E+06	1.41E+07	6.39E+08
I-131	2.34E+08	8.48E+08	9.03E+08	1.49E+09	4.84E+09	7.02E+08	2.45E+07	2.62E+06	7.85E+06	1.81E+08
I-135	1.14E+08	2.92E+09	5.67E+09	1.88E+09	1.02E+10	1.16E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.73E+08
I-132	0.00E+00	0.00E+00	6.46E+07	1.77E+09	8.75E+09	2.64E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.75E+07
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.54E+08	1.01E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	8.36E+13	8.21E+13	3.68E+13	3.08E+13	4.19E+13	3.54E+13	4.46E+12	6.57E+12	1.83E+13	1.09E+13
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.58E+13	1.48E+13	9.15E+12	4.11E+12	8.21E+12	2.08E+13	2.02E+11	6.56E+12	3.50E+12	4.68E+12
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.6 (4/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
H-3	3.06E+10	3.12E+10	4.11E+10	4.27E+10	8.40E+10	4.25E+10
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.52E+06	1.08E+06	1.69E+06	1.51E+06	2.33E+05	2.15E+04
Co-58	2.41E+05	3.01E+04	5.97E+04	0.00E+00	8.27E+06	0.00E+00
Co-60	5.00E+05	1.34E+05	5.28E+05	1.03E+05	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.82E+08	1.73E+07	2.16E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	3.53E+07	7.32E+06	3.89E+06	1.12E+05	3.99E+05	1.55E+05
I-135	0.00E+00	9.14E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	0.00E+00	5.51E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.28E+13	1.07E+13	1.55E+13	1.20E+13	7.67E+12	7.05E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	2.10E+12	1.74E+12	1.68E+12	2.51E+12	2.94E+12	2.31E+12
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.7 (1/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
H-3	2.75E+11	4.00E+12	4.46E+12	4.60E+12	4.09E+12	4.19E+12	4.90E+12	1.01E+13	4.20E+12	6.76E+12	3.93E+12	2.80E+12
Sr-89	1.33E+09	5.48E+10	1.32E+10	1.16E+10	2.00E+10	2.12E+10	2.89E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.41E+07
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	3.54E+10	3.10E+10	5.35E+10	5.69E+10	7.70E+09	1.59E+09	1.04E+09	2.11E+09	2.69E+08	2.87E+08
Cs-134	3.77E+09	1.54E+11	9.99E+10	8.75E+10	1.51E+11	1.60E+11	2.16E+10	1.98E+09	2.17E+08	5.97E+07	3.62E+07	4.66E+08
Cs-137	8.99E+09	3.68E+11	2.38E+11	2.09E+11	3.60E+11	3.82E+11	5.16E+10	3.76E+09	4.82E+08	2.03E+08	2.23E+08	8.47E+08
Co-58	2.15E+09	8.82E+10	5.71E+10	4.99E+10	8.62E+10	9.15E+10	1.24E+10	1.99E+09	8.90E+08	1.45E+08	6.09E+08	8.66E+08
Co-60	1.52E+10	6.22E+11	4.02E+11	3.52E+11	6.08E+11	6.45E+11	8.71E+10	1.31E+09	1.55E+09	4.98E+08	1.40E+09	2.79E+09
I-133	1.11E+08	3.92E+09	2.55E+09	2.22E+09	3.85E+09	4.07E+09	5.55E+08	3.66E+07	1.24E+07	0.00E+00	3.96E+08	1.53E+07
I-131	1.85E+08	7.51E+09	4.88E+09	4.26E+09	7.36E+09	7.81E+09	1.07E+09	3.45E+08	7.00E+07	6.17E+05	9.56E+07	6.36E+08
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.51E+08	3.49E+06	0.00E+00	4.10E+08	0.00E+00
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.74E+06	0.00E+00
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.33E+07	4.19E+08	1.61E+08	3.09E+08	1.51E+08
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.95E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+08	1.23E+08	2.28E+07	6.10E+07	5.51E+07
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.16E+07	1.94E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.69E+07
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.22E+07	5.68E+07	0.00E+00	6.84E+06	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	1.85E+06	0.00E+00	1.14E+07	0.00E+00
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.36E+08	0.00E+00	6.64E+06	2.55E+07	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.36E+08	0.00E+00	6.64E+06	3.36E+05	0.00E+00
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.40E+07	6.77E+06	2.03E+07	5.89E+07
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+07	5.89E+07
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E+08	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.27E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.7 (2/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
H-3	2.25E+12	6.12E+12	3.70E+12	4.44E+11	4.35E+12	1.60E+12	1.18E+12	2.08E+10	1.41E+10	2.15E+12	1.74E+12	1.34E+12
Sr-89	6.19E+06	1.08E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.85E+07	2.17E+07	3.47E+08	2.52E+09	9.36E+07	5.17E+07
Sr-90	1.04E+09	8.05E+08	3.35E+09	2.46E+08	1.43E+08	5.43E+09	1.70E+08	8.53E+07	6.84E+07	6.47E+08	3.45E+08	4.86E+08
Cs-134	2.63E+09	2.35E+09	3.28E+09	6.02E+08	1.52E+08	1.17E+09	3.98E+08	5.10E+08	8.55E+08	9.36E+08	1.60E+09	9.29E+08
Cs-137	4.59E+09	4.28E+09	4.18E+09	1.52E+09	2.55E+08	1.87E+09	8.54E+08	9.14E+08	1.47E+09	2.05E+09	5.11E+09	2.68E+09
Co-58	2.10E+08	6.08E+09	1.06E+10	1.16E+09	1.00E+08	3.17E+08	8.35E+08	2.47E+08	1.09E+08	2.98E+08	7.76E+08	5.58E+08
Co-60	3.25E+09	8.39E+09	1.74E+10	1.40E+10	2.64E+09	4.75E+09	3.25E+09	3.75E+09	3.87E+09	2.65E+09	2.53E+09	2.82E+09
I-133	1.19E+06	2.07E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+07	0.00E+00	2.83E+07	5.00E+07	1.25E+09	2.14E+06
I-131	1.19E+09	1.43E+09	5.62E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.25E+07	1.04E+07	5.41E+07	7.12E+07	5.00E+08	8.86E+06
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.77E+08	0.00E+00
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cr-51	0.00E+00	5.65E+08	3.54E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	6.74E+06	3.25E+07	2.42E+08	2.05E+07	7.24E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.28E+11	1.68E+11	5.46E+09	1.33E+10	3.57E+10	3.18E+10	6.02E+09
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.04E+08	1.62E+07	6.13E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.78E+06
Cs-136	0.00E+00	1.60E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	1.49E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	1.75E+07	1.36E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.03E+06	0.00E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.7 (3/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
H-3	2.94E+12	9.43E+11	5.11E+11	1.02E+12	2.59E+12	2.16E+12	2.43E+12	5.93E+12	4.02E+12	4.49E+12	2.39E+12	9.53E+12
Sr-89	5.71E+07	2.26E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	6.82E+08	1.82E+08	5.21E+05	5.21E+05	8.39E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.05E+06	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	6.93E+08	3.01E+08	6.41E+08	2.93E+07	1.70E+07	1.91E+07	8.78E+05	4.86E+05	1.32E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	2.29E+09	9.43E+08	2.53E+09	1.87E+08	7.28E+07	7.34E+07	4.44E+07	1.92E+08	6.31E+07	6.98E+06	2.87E+07	1.98E+07
Co-58	1.62E+08	5.35E+07	3.21E+08	0.00E+00	4.19E+07	2.48E+07	9.96E+04	1.11E+08	4.99E+07	3.09E+07	4.15E+06	7.35E+06
Co-60	2.16E+08	1.42E+08	2.89E+08	1.46E+07	5.89E+06	1.56E+07	9.46E+06	5.35E+07	6.12E+07	1.66E+07	1.62E+07	7.72E+06
I-133	5.68E+07	1.45E+07	9.62E+06	0.00E+00	1.74E+07	2.34E+07	1.56E+07	2.81E+07	7.55E+07	1.62E+07	2.07E+06	7.14E+06
I-131	3.03E+08	1.03E+07	9.12E+06	0.00E+00	1.95E+07	1.83E+07	1.07E+07	1.64E+07	4.48E+07	1.13E+07	4.87E+06	1.66E+06
I-135	7.50E+06	6.60E+06	2.76E+05	0.00E+00	7.95E+06	1.21E+07	3.32E+06	1.76E+07	1.30E+07	8.14E+06	5.30E+05	3.04E+05
Fe-59	6.78E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cr-51	6.55E+07	1.58E+06	4.69E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.44E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	4.91E+07	1.92E+06	1.71E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	2.85E+07	7.71E+06	3.02E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.04E+07	6.03E+06	2.88E+06	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	2.51E+10	4.23E+09	2.13E+09	1.63E+07	2.00E+09	2.56E+09	3.58E+09	2.57E+08	5.66E+08	6.39E+07	6.60E+07	0.00E+00
Xe-133 m	8.78E+07	1.70E+07	2.48E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	3.35E+08	2.39E+07	4.88E+06	0.00E+00	3.67E+04	2.32E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	1.45E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	1.45E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	4.91E+07	1.92E+06	1.71E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+07	8.40E+06	0.00E+00	7.63E+06	6.80E+06	4.94E+06	4.64E+05	4.77E+05
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	2.21E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A8.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m^3)	X/Qd (s/m^3)	X/Qdd (s/m^3)	D/Q (m^{-2})
Cuenca				
Alcohujate	1.50E-08	1.40E-08	1.20E-08	4.40E-11
Barajas de Melo	2.60E-08	2.40E-08	2.10E-08	4.50E-11
Buendía	2.90E-08	2.80E-08	2.50E-08	8.10E-11
Cañaveruelas	1.70E-08	1.60E-08	1.40E-08	5.20E-11
Huete	7.40E-09	6.50E-09	5.30E-09	1.10E-11
Leganiel	6.20E-08	5.90E-08	5.20E-08	1.80E-10
Portalrubio de Guadamejud	6.90E-09	6.20E-09	5.20E-09	1.30E-11
Puebla de Don Francisco	1.40E-08	1.30E-08	1.10E-08	2.40E-11
Saceda-Trasierra	3.20E-08	3.00E-08	2.70E-08	5.90E-11
Tinajas	9.00E-09	8.20E-09	6.50E-09	2.00E-11
Vellisca	1.20E-08	1.10E-08	9.50E-09	1.40E-11
Villalba del Rey	1.20E-08	1.10E-08	9.20E-09	2.90E-11
Guadalajara				
Albalate de Zorita	6.30E-08	6.20E-08	5.80E-08	1.60E-10
Albares	4.40E-08	4.20E-08	3.90E-08	9.30E-11
Alcocer	1.30E-08	1.20E-08	9.70E-09	3.60E-11
Alhóndiga	3.00E-08	2.80E-08	2.30E-08	9.50E-11
Almoguera	1.20E-07	1.10E-07	1.10E-07	3.40E-10
Almonacid de Zorita	1.20E-07	1.20E-07	1.20E-07	3.90E-10
Alocén	2.00E-08	1.90E-08	1.50E-08	5.80E-11
Aranzueque	1.40E-08	1.30E-08	1.10E-08	1.60E-11
Armuña de Tajuña	1.30E-08	1.20E-08	9.60E-09	1.90E-11
Auñón	3.00E-08	2.90E-08	2.40E-08	9.50E-11
Berninches	2.20E-08	2.00E-08	1.60E-08	6.30E-11
Driebes	6.30E-08	6.00E-08	5.40E-08	1.70E-10
Escariche	1.80E-08	1.70E-08	1.50E-08	2.50E-11
Escopete	3.10E-08	3.00E-08	2.50E-08	4.10E-11
Fuentelencina	3.20E-08	3.00E-08	2.40E-08	6.80E-11
Fuentelviejo	1.50E-08	1.40E-08	1.10E-08	2.30E-11
Fuentenovilla	2.50E-08	2.30E-08	2.10E-08	2.60E-11
Hontoba	2.00E-08	1.90E-08	1.50E-08	2.40E-11
Horche	1.00E-08	9.10E-09	7.30E-09	1.40E-11
Hueva	2.60E-08	2.50E-08	2.10E-08	4.60E-11
Illana	4.00E-08	3.80E-08	3.40E-08	7.80E-11
Irueste	1.80E-08	1.60E-08	1.20E-08	3.20E-11
Loranca de Tajuña	1.10E-08	1.00E-08	9.10E-09	1.40E-11
Mazuecos	8.30E-08	8.00E-08	7.30E-08	2.40E-10
Mondéjar	2.30E-08	2.10E-08	1.80E-08	2.30E-11
Moratilla de los Meleros	1.90E-08	1.80E-08	1.50E-08	3.20E-11
Pastrana	5.50E-08	5.30E-08	4.80E-08	1.20E-10
Peñalver	2.10E-08	1.90E-08	1.50E-08	4.00E-11
Pioz	8.60E-09	7.70E-09	6.60E-09	9.70E-12
Pozo de Almoguera	4.20E-08	4.00E-08	3.70E-08	4.90E-11
Pozo de Guadalajara	7.80E-09	6.90E-09	5.90E-09	8.50E-12
Renera	1.80E-08	1.70E-08	1.40E-08	2.10E-11
Romanones	1.10E-08	1.00E-08	8.20E-09	1.60E-11
Sacedón	2.70E-08	2.50E-08	2.20E-08	1.00E-10
Sayatón	1.40E-07	1.40E-07	1.40E-07	8.40E-10
Tendilla	1.40E-08	1.30E-08	1.00E-08	2.10E-11
Valdarachas	1.10E-08	9.90E-09	7.90E-09	1.10E-11
Valdeconcha	6.00E-08	5.80E-08	5.00E-08	1.40E-10
Yebes	1.10E-08	9.80E-09	7.70E-09	1.10E-11
Yebra	9.00E-08	8.70E-08	8.30E-08	1.30E-10
Zorita de los Canes	2.10E-07	2.10E-07	2.00E-07	1.30E-09
Madrid				
Ambite	1.60E-08	1.50E-08	1.20E-08	1.50E-11
Brea de Tajo	4.40E-08	4.10E-08	3.60E-08	1.10E-10
Estremera	3.70E-08	3.50E-08	3.00E-08	8.70E-11
Olmeda de las Fuentes	1.40E-08	1.20E-08	1.00E-08	1.20E-11
Orusco de Tajuña	1.30E-08	1.20E-08	1.00E-08	2.10E-11
Pezuela de las Torres	9.40E-09	8.40E-09	7.30E-09	1.10E-11
Villar del Olmo	1.30E-08	1.10E-08	9.60E-09	1.10E-11

Tabla A8.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	8.00E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.3	R.G.1.109	Embalse

Referencias

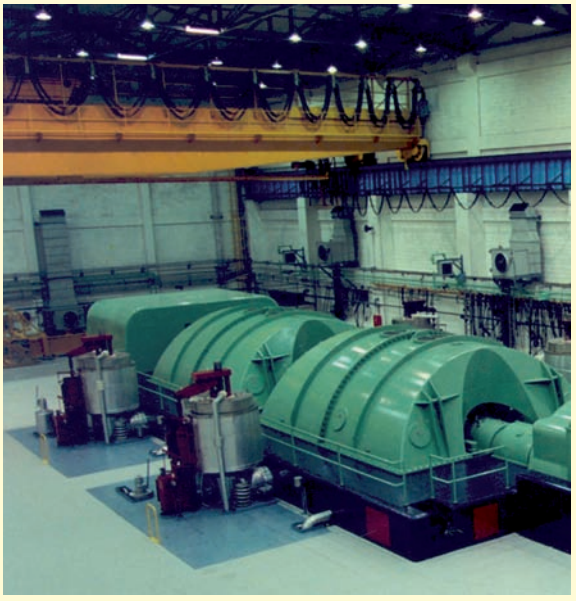
CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002.* CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129.*

Anexo IX: Central nuclear de Santa María de Garoña



Provincia:	Burgos
Tecnología:	BWR-3 General Electric
Potencia:	463 MWe (1.381 MWt)
Comienzo de la operación:	Marzo de 1971
Energía eléctrica bruta producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	99,6 TWh (11,4 GW x año)

La central nuclear de Santa María de Garoña consiste en un reactor de agua en ebullición (BWR) de General Electric diseño Mark-I, de 1.381 MW de potencia térmica, que comenzó su operación en marzo de 1971 y actualmente continúa en explotación.

Se presentan a continuación los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Santa María de Garoña desde su entrada en funcionamiento (1971) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km, vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A9.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de central nuclear de Santa María de Garoña se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Burgos (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A9.8) y las particularidades de la zona en lo referente al consumo de agua del río Ebro aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el río de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los específicos de la instalación que se muestran en la tabla A9.9.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua del río Ebro. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el río es fronterizo o atraviesa el término municipal.
- En estos municipios, se considera como vía de ingestión el agua bebida por el animal y los pastos regados. Además, los vegetales de consumo humano también son regados.
- Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A9.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

Municipios	Vías de exposición							
	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río	Vegetales	Leche vaca	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Zambrana								
Lantarón								
Bozoó								
Miranda de Ebro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Santa Gadea del Cid								
Valle de Tobalina								
Resto	—	—	—	—	—	—	—	—

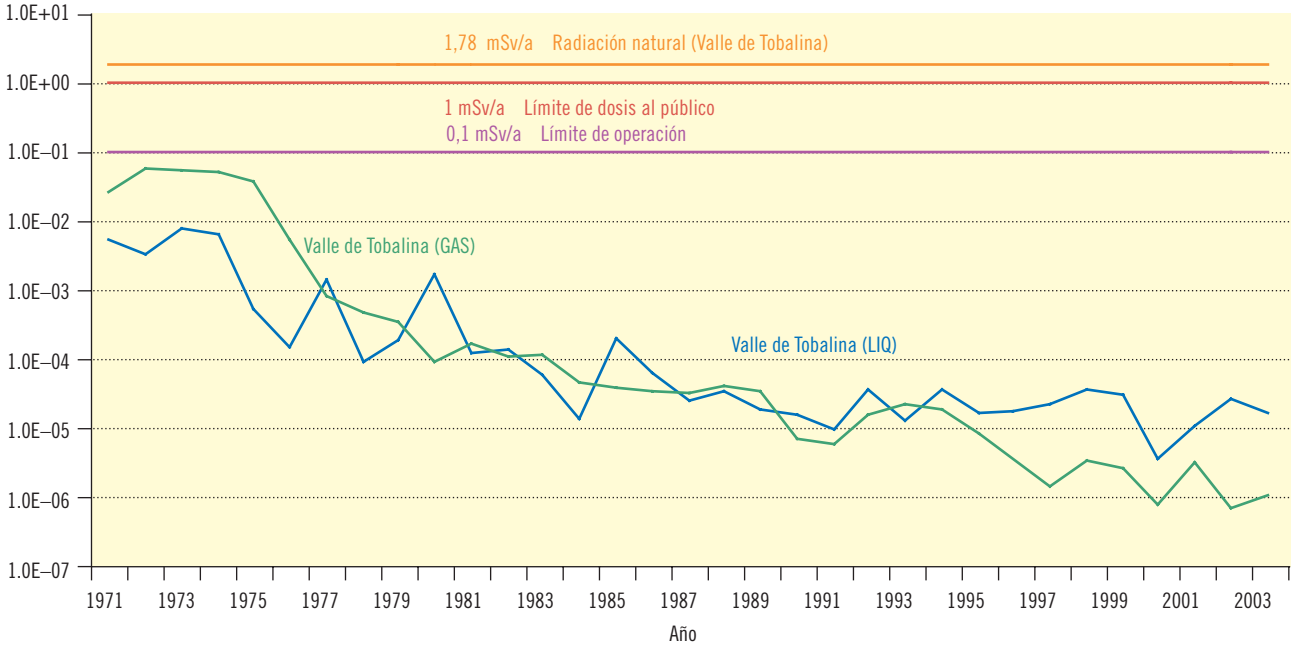
Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y caudales medios del río Ebro correspondientes a cada año del periodo del estudio.

Tanto en los efluentes líquidos como gaseosos no se considera en el consumo de vegetales de no hoja las aceitunas/aceites ni los cítricos, por no haber producciones en ninguna población de la zona.

Resultados

En la figura A9.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas. En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Valle de Tobalina.

Figura A9.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A9.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Santa María de Garoña.

En la figura A9.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Valle de Tobalina en el último año del periodo de estudio (año 2003) por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A9.3 se muestra la comparativa de dosis artificial desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para el año 2003.

En la figura A9.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A9.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa

que el municipio de mayor dosis acumulada es Partido de la Sierra de Tobalina (3.04E-1 mSv) y el de menor es Cuartango (6.52E-3 mSv).

Finalmente, la figura A9.5 y la tabla A9.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A9.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Álava										
Armiñón	7.26E-04	1.57E-03	1.61E-03	1.47E-03	9.78E-04	1.92E-04	4.16E-05	2.33E-05	1.62E-05	3.69E-06
Kuartango	7.06E-04	1.53E-03	1.57E-03	1.43E-03	9.51E-04	1.88E-04	4.14E-05	2.31E-05	1.60E-05	3.61E-06
Ribera Alta	1.78E-03	3.84E-03	3.86E-03	3.56E-03	2.39E-03	4.61E-04	9.52E-05	5.23E-05	3.67E-05	8.72E-06
Ribera Baja / Erribera Beitia	1.73E-03	3.72E-03	3.73E-03	3.44E-03	2.32E-03	4.46E-04	9.08E-05	4.96E-05	3.49E-05	8.41E-06
Añana-Salinas de Añana	1.90E-03	4.11E-03	4.19E-03	3.83E-03	2.57E-03	4.73E-04	9.62E-05	5.52E-05	3.89E-05	8.93E-06
Valdegovía	8.59E-03	1.85E-02	1.81E-02	1.69E-02	1.16E-02	1.99E-03	3.41E-04	1.90E-04	1.37E-04	3.61E-05
Zambrana	6.44E-03	5.68E-03	1.02E-02	8.94E-03	2.04E-03	4.56E-04	1.52E-03	1.30E-04	2.16E-04	1.69E-03
Lantarón	6.76E-03	6.38E-03	1.09E-02	9.61E-03	2.48E-03	5.19E-04	1.53E-03	1.38E-04	2.21E-04	1.69E-03
Burgos										
Aguas Cándidas	8.98E-04	1.93E-03	1.89E-03	1.77E-03	1.20E-03	2.24E-04	4.22E-05	2.26E-05	1.61E-05	4.14E-06
Aguilar de Bureba	1.14E-03	2.44E-03	2.41E-03	2.25E-03	1.52E-03	2.81E-04	5.32E-05	2.90E-05	2.06E-05	5.21E-06
Altable	1.28E-03	2.76E-03	2.75E-03	2.55E-03	1.72E-03	3.19E-04	6.23E-05	3.44E-05	2.43E-05	5.96E-06
Ameyugo	2.03E-03	4.38E-03	4.41E-03	4.06E-03	2.74E-03	4.95E-04	9.59E-05	5.44E-05	3.85E-05	9.23E-06
Barrios de Bureba	1.40E-03	3.01E-03	2.96E-03	2.76E-03	1.88E-03	3.40E-04	6.29E-05	3.42E-05	2.44E-05	6.27E-06
Berberana	1.53E-03	3.30E-03	3.28E-03	3.05E-03	2.06E-03	3.77E-04	7.17E-05	3.97E-05	2.81E-05	7.01E-06
Berzosa de Bureba	2.16E-03	4.64E-03	4.57E-03	4.26E-03	2.91E-03	5.12E-04	9.17E-05	5.07E-05	3.63E-05	9.37E-06
Bozóo	1.07E-02	1.48E-02	1.93E-02	1.74E-02	7.83E-03	1.39E-03	1.68E-03	2.26E-04	2.85E-04	1.71E-03
Briviesca	7.89E-04	1.70E-03	1.68E-03	1.56E-03	1.06E-03	2.00E-04	3.92E-05	2.12E-05	1.49E-05	3.74E-06
Bugedo	1.44E-03	3.10E-03	3.13E-03	2.88E-03	1.94E-03	3.58E-04	7.14E-05	4.02E-05	2.83E-05	6.73E-06
Busto de Bureba	3.53E-03	7.59E-03	7.46E-03	6.97E-03	4.78E-03	8.14E-04	1.40E-04	7.81E-05	5.63E-05	1.47E-05
Cantabrana	1.24E-03	2.67E-03	2.61E-03	2.44E-03	1.66E-03	3.02E-04	5.54E-05	2.99E-05	2.14E-05	5.57E-06
Cascajares de Bureba	5.53E-03	1.19E-02	1.17E-02	1.09E-02	7.52E-03	1.25E-03	2.07E-04	1.17E-04	8.43E-05	2.23E-05
Cillaperlata	3.57E-03	7.66E-03	7.46E-03	7.01E-03	4.84E-03	7.87E-04	1.25E-04	7.04E-05	5.11E-05	1.40E-05
Cubo de Bureba	2.97E-03	6.38E-03	6.30E-03	5.87E-03	4.01E-03	6.98E-04	1.24E-04	6.93E-05	4.96E-05	1.27E-05
Encío	2.88E-03	6.20E-03	6.21E-03	5.74E-03	3.89E-03	6.85E-04	1.28E-04	7.30E-05	5.19E-05	1.27E-05
Frías	1.23E-02	2.64E-02	2.57E-02	2.42E-02	1.69E-02	2.65E-03	4.05E-04	2.31E-04	1.68E-04	4.62E-05
Fuentebureba	2.61E-03	5.62E-03	5.54E-03	5.16E-03	3.52E-03	6.18E-04	1.11E-04	6.18E-05	4.42E-05	1.13E-05
Grisaleña	1.40E-03	3.01E-03	2.97E-03	2.76E-03	1.88E-03	3.40E-04	6.33E-05	3.47E-05	2.47E-05	6.29E-06
Junta de Villalba de Losa	1.46E-03	3.15E-03	3.10E-03	2.89E-03	1.96E-03	3.57E-04	6.63E-05	3.62E-05	2.58E-05	6.60E-06
Jurisdicción de San Zadornil	9.53E-03	2.05E-02	2.00E-02	1.88E-02	1.30E-02	2.10E-03	3.38E-04	1.92E-04	1.39E-04	3.72E-05
Llano de Bureba	8.12E-04	1.75E-03	1.72E-03	1.60E-03	1.09E-03	2.05E-04	3.98E-05	2.13E-05	1.51E-05	3.82E-06
Medina de Pomar	1.20E-03	2.57E-03	2.56E-03	2.37E-03	1.60E-03	3.12E-04	6.32E-05	3.38E-05	2.38E-05	5.85E-06
Merindad de Cuesta-Urria	3.05E-03	6.56E-03	6.48E-03	6.04E-03	4.10E-03	7.44E-04	1.38E-04	7.58E-05	5.41E-05	1.37E-05
Merindad de Valdivielso	1.23E-03	2.66E-03	2.64E-03	2.45E-03	1.66E-03	3.21E-04	6.51E-05	3.49E-05	2.46E-05	6.02E-06
Miranda de Ebro	7.30E-03	7.53E-03	1.20E-02	1.07E-02	3.20E-03	6.63E-04	1.56E-03	1.51E-04	2.31E-04	1.70E-03

Tabla A9.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Miraveche	9.96E-03	2.14E-02	2.09E-02	1.96E-02	1.35E-02	2.29E-03	3.87E-04	2.15E-04	1.56E-04	4.13E-05
Navas de Bureba	5.92E-03	1.27E-02	1.24E-02	1.16E-02	7.97E-03	1.39E-03	2.40E-04	1.32E-04	9.51E-05	2.52E-05
Oña	3.76E-03	8.07E-03	7.88E-03	7.38E-03	5.05E-03	8.99E-04	1.59E-04	8.62E-05	6.20E-05	1.64E-05
Padrones de Bureba	1.29E-03	2.76E-03	2.71E-03	2.53E-03	1.72E-03	3.32E-04	6.50E-05	3.41E-05	2.42E-05	6.17E-06
Pancorbo	3.85E-03	8.28E-03	8.16E-03	7.61E-03	5.18E-03	9.36E-04	1.73E-04	9.45E-05	6.76E-05	1.73E-05
Partido de la Sierra en Tobalina	3.42E-02	7.34E-02	7.14E-02	6.72E-02	4.68E-02	7.35E-03	1.12E-03	6.39E-04	4.66E-04	1.29E-04
Piérnigas	1.43E-03	3.08E-03	3.03E-03	2.83E-03	1.92E-03	3.69E-04	7.26E-05	3.83E-05	2.71E-05	6.87E-06
Poza de la Sal	1.37E-03	2.95E-03	2.89E-03	2.70E-03	1.83E-03	3.52E-04	6.86E-05	3.61E-05	2.56E-05	6.55E-06
Quintanabureba	1.72E-03	3.70E-03	3.64E-03	3.39E-03	2.30E-03	4.36E-04	8.42E-05	4.48E-05	3.18E-05	8.10E-06
Quintanaélez	6.17E-03	1.33E-02	1.30E-02	1.22E-02	8.32E-03	1.44E-03	2.48E-04	1.37E-04	9.90E-05	2.62E-05
Quintanilla San-García	1.65E-03	3.55E-03	3.50E-03	3.26E-03	2.21E-03	4.23E-04	8.34E-05	4.44E-05	3.14E-05	7.90E-06
Rojas	1.15E-03	2.47E-03	2.43E-03	2.27E-03	1.54E-03	3.01E-04	6.04E-05	3.16E-05	2.23E-05	5.63E-06
Rucandio	1.31E-03	2.81E-03	2.76E-03	2.57E-03	1.75E-03	3.38E-04	6.69E-05	3.52E-05	2.48E-05	6.30E-06
Salas de Bureba	1.85E-03	3.98E-03	3.90E-03	3.65E-03	2.48E-03	4.66E-04	8.80E-05	4.68E-05	3.33E-05	8.62E-06
Salinillas de Bureba	1.19E-03	2.56E-03	2.52E-03	2.34E-03	1.59E-03	3.10E-04	6.21E-05	3.27E-05	2.31E-05	5.79E-06
Santa Gadea del Cid	1.17E-02	1.70E-02	2.14E-02	1.94E-02	9.16E-03	1.67E-03	1.73E-03	2.49E-04	3.02E-04	1.71E-03
Santa María Ribarredonda	5.53E-03	1.19E-02	1.17E-02	1.09E-02	7.45E-03	1.31E-03	2.32E-04	1.28E-04	9.18E-05	2.40E-05
Trespaderne	4.77E-03	1.03E-02	1.01E-02	9.44E-03	6.43E-03	1.13E-03	2.02E-04	1.12E-04	8.07E-05	2.08E-05
Vallarta de Bureba	2.60E-03	5.58E-03	5.50E-03	5.13E-03	3.49E-03	6.46E-04	1.22E-04	6.58E-05	4.68E-05	1.20E-05
Valle de Tobalina	3.22E-02	6.09E-02	6.39E-02	5.96E-02	3.76E-02	5.76E-03	2.28E-03	5.73E-04	5.40E-04	1.78E-03
Valluércanes	1.94E-03	4.18E-03	4.14E-03	3.84E-03	2.61E-03	4.95E-04	9.71E-05	5.22E-05	3.70E-05	9.23E-06
Vid de Bureba (La)	3.46E-03	7.43E-03	7.28E-03	6.81E-03	4.64E-03	8.36E-04	1.51E-04	8.22E-05	5.90E-05	1.54E-05
Vileña	2.95E-03	6.35E-03	6.23E-03	5.82E-03	3.97E-03	7.22E-04	1.32E-04	7.16E-05	5.13E-05	1.33E-05
Villanueva de Teba	5.96E-03	1.28E-02	1.26E-02	1.18E-02	8.04E-03	1.41E-03	2.51E-04	1.39E-04	9.98E-05	2.58E-05
Zuñeda	3.20E-03	6.88E-03	6.76E-03	6.31E-03	4.30E-03	7.85E-04	1.46E-04	7.89E-05	5.63E-05	1.45E-05
Valle de Losa	1.74E-03	3.73E-03	3.67E-03	3.42E-03	2.33E-03	4.42E-04	8.55E-05	4.54E-05	3.22E-05	8.22E-06
La Rioja										
Cellorigo	1.08E-03	2.34E-03	2.36E-03	2.17E-03	1.46E-03	2.75E-04	5.62E-05	3.15E-05	2.21E-05	5.20E-06
Foncea	1.20E-03	2.59E-03	2.62E-03	2.41E-03	1.62E-03	3.03E-04	6.14E-05	3.45E-05	2.42E-05	5.72E-06
Fonzaleche	8.07E-04	1.75E-03	1.77E-03	1.62E-03	1.09E-03	2.10E-04	4.41E-05	2.45E-05	1.71E-05	3.99E-06
Galbárruli	8.37E-04	1.81E-03	1.83E-03	1.68E-03	1.13E-03	2.17E-04	4.55E-05	2.53E-05	1.77E-05	4.13E-06
Sajazarra	1.20E-03	2.59E-03	2.59E-03	2.39E-03	1.61E-03	3.18E-04	6.62E-05	3.56E-05	2.50E-05	6.01E-06
San Millán de Yécora	1.43E-03	3.07E-03	3.05E-03	2.83E-03	1.91E-03	3.72E-04	7.52E-05	4.01E-05	2.82E-05	6.98E-06
Treviana	1.39E-03	2.99E-03	2.97E-03	2.75E-03	1.86E-03	3.63E-04	7.36E-05	3.92E-05	2.76E-05	6.81E-06
Vizcaya										
Orduña/Urduña	1.13E-03	2.44E-03	2.41E-03	2.24E-03	1.52E-03	2.99E-04	6.06E-05	3.18E-05	2.23E-05	5.61E-06

Tabla A9.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Álava										
Armiñón	5.82E-06	1.71E-05	1.02E-05	2.82E-06	4.47E-06	2.06E-06	2.82E-06	2.79E-06	1.90E-06	1.17E-06
Kuartango	5.70E-06	1.74E-05	1.02E-05	2.80E-06	4.51E-06	2.04E-06	2.82E-06	2.76E-06	1.81E-06	1.13E-06
Ribera Alta	1.29E-05	2.83E-05	1.96E-05	5.70E-06	7.88E-06	3.97E-06	5.00E-06	5.34E-06	3.79E-06	1.93E-06
Ribera Baja / Erribera Beitia	1.22E-05	2.38E-05	1.76E-05	5.25E-06	6.86E-06	3.59E-06	4.37E-06	4.83E-06	3.55E-06	1.69E-06
Añana-Salinas de Añana	1.48E-05	4.19E-05	2.41E-05	6.76E-06	1.08E-05	5.06E-06	6.97E-06	6.81E-06	4.48E-06	2.71E-06
Valdegovía	5.33E-05	4.94E-05	5.20E-05	1.81E-05	1.73E-05	1.21E-05	1.24E-05	1.61E-05	1.30E-05	3.76E-06
Zambrana	1.33E-04	1.62E-04	7.55E-05	1.78E-05	2.14E-04	6.66E-05	2.93E-05	3.81E-05	2.19E-05	1.75E-05
Lantarón	1.36E-04	1.74E-04	8.06E-05	1.91E-05	2.17E-04	6.77E-05	3.12E-05	3.97E-05	2.28E-05	1.82E-05
Burgos										
Aguas Cándidas	5.53E-06	4.85E-06	6.09E-06	2.05E-06	1.87E-06	1.28E-06	1.24E-06	1.72E-06	1.46E-06	4.21E-07
Aguilar de Bureba	7.28E-06	9.46E-06	8.76E-06	2.81E-06	3.06E-06	1.85E-06	2.02E-06	2.49E-06	1.96E-06	6.98E-07
Altable	8.79E-06	1.61E-05	1.20E-05	3.64E-06	4.67E-06	2.52E-06	3.04E-06	3.39E-06	2.51E-06	1.15E-06
Ameyugo	1.47E-05	3.30E-05	2.11E-05	6.18E-06	8.91E-06	4.49E-06	5.82E-06	6.03E-06	4.17E-06	2.16E-06
Barrios de Bureba	8.75E-06	9.43E-06	9.74E-06	3.22E-06	3.24E-06	2.10E-06	2.18E-06	2.81E-06	2.27E-06	7.09E-07
Berberana	1.03E-05	1.66E-05	1.32E-05	4.10E-06	4.98E-06	2.81E-06	3.29E-06	3.79E-06	2.90E-06	1.24E-06
Berzosa de Bureba	1.36E-05	1.60E-05	1.49E-05	4.93E-06	5.21E-06	3.32E-06	3.57E-06	4.43E-06	3.48E-06	1.15E-06
Bozóo	1.64E-04	2.25E-04	1.13E-04	2.93E-05	2.30E-04	7.54E-05	4.07E-05	4.97E-05	2.98E-05	2.14E-05
Briviesca	5.15E-06	7.22E-06	6.56E-06	2.06E-06	2.31E-06	1.35E-06	1.49E-06	1.82E-06	1.42E-06	5.38E-07
Bugedo	1.05E-05	2.47E-05	1.58E-05	4.58E-06	6.67E-06	3.30E-06	4.31E-06	4.45E-06	3.09E-06	1.65E-06
Busto de Bureba	2.23E-05	2.35E-05	2.23E-05	7.64E-06	7.77E-06	5.21E-06	5.51E-06	6.88E-06	5.43E-06	1.67E-06
Cantabrana	7.57E-06	6.31E-06	7.94E-06	2.71E-06	2.44E-06	1.72E-06	1.67E-06	2.31E-06	1.96E-06	5.41E-07
Cascajares de Bureba	3.53E-05	3.42E-05	3.28E-05	1.15E-05	1.14E-05	7.97E-06	8.32E-06	1.04E-05	8.24E-06	2.39E-06
Cillaperlata	2.16E-05	1.30E-05	1.71E-05	6.53E-06	5.28E-06	4.41E-06	4.16E-06	5.78E-06	4.89E-06	1.01E-06
Cubo de Bureba	1.93E-05	2.42E-05	2.11E-05	6.96E-06	7.64E-06	4.77E-06	5.26E-06	6.34E-06	4.96E-06	1.78E-06
Encío	2.04E-05	4.18E-05	2.74E-05	8.22E-06	1.14E-05	5.98E-06	7.60E-06	7.99E-06	5.60E-06	2.74E-06
Frías	7.94E-05	4.56E-05	5.75E-05	2.28E-05	1.81E-05	1.58E-05	1.47E-05	1.99E-05	1.67E-05	3.48E-06
Fuentebureba	1.69E-05	2.17E-05	1.89E-05	6.20E-06	6.85E-06	4.24E-06	4.69E-06	5.64E-06	4.42E-06	1.61E-06
Grisaleña	8.90E-06	1.12E-05	1.04E-05	3.36E-06	3.63E-06	2.23E-06	2.43E-06	2.99E-06	2.35E-06	8.15E-07
Junta de Villalba de Losa	9.30E-06	1.05E-05	1.05E-05	3.48E-06	3.57E-06	2.29E-06	2.41E-06	3.07E-06	2.53E-06	8.76E-07
Jurisdicción de San Zadornil	6.20E-05	5.09E-05	5.25E-05	1.93E-05	1.78E-05	1.34E-05	1.35E-05	1.72E-05	1.41E-05	3.92E-06
Llano de Bureba	5.17E-06	6.15E-06	6.27E-06	2.02E-06	2.09E-06	1.29E-06	1.36E-06	1.74E-06	1.40E-06	4.75E-07
Medina de Pomar	8.00E-06	1.19E-05	1.07E-05	3.31E-06	3.77E-06	2.15E-06	2.38E-06	2.87E-06	2.22E-06	8.72E-07
Merindad de Cuesta-Urria	1.94E-05	2.59E-05	2.29E-05	7.34E-06	8.15E-06	4.92E-06	5.44E-06	6.61E-06	5.04E-06	1.74E-06
Merindad de Valdivielso	8.30E-06	1.31E-05	1.13E-05	3.45E-06	4.04E-06	2.26E-06	2.55E-06	3.02E-06	2.27E-06	9.06E-07
Miranda de Ebro	1.39E-04	1.71E-04	8.25E-05	2.00E-05	2.17E-04	6.81E-05	3.11E-05	4.01E-05	2.34E-05	1.81E-05
Miraveche	6.12E-05	5.02E-05	5.69E-05	2.02E-05	1.84E-05	1.35E-05	1.34E-05	1.78E-05	1.47E-05	3.87E-06
Navas de Bureba	3.55E-05	2.54E-05	3.33E-05	1.18E-05	1.01E-05	7.67E-06	7.25E-06	1.02E-05	8.55E-06	2.00E-06
Oña	2.23E-05	1.41E-05	2.13E-05	7.55E-06	6.11E-06	4.76E-06	4.33E-06	6.36E-06	5.48E-06	1.23E-06
Padrones de Bureba	7.97E-06	6.04E-06	8.96E-06	3.01E-06	2.56E-06	1.81E-06	1.64E-06	2.40E-06	2.08E-06	5.51E-07
Pancorbo	2.44E-05	2.89E-05	2.77E-05	9.07E-06	9.52E-06	6.00E-06	6.40E-06	8.03E-06	6.35E-06	2.13E-06
Partido de la Sierra en Tobalina	2.15E-04	1.22E-04	1.56E-04	6.18E-05	4.88E-05	4.27E-05	4.00E-05	5.44E-05	4.54E-05	8.78E-06
Piérnigas	9.01E-06	8.32E-06	1.05E-05	3.46E-06	3.18E-06	2.12E-06	2.03E-06	2.83E-06	2.36E-06	6.86E-07
Poza de la Sal	8.47E-06	6.36E-06	9.44E-06	3.18E-06	2.69E-06	1.91E-06	1.74E-06	2.55E-06	2.21E-06	5.80E-07
Quintanabureba	1.08E-05	1.08E-05	1.25E-05	4.11E-06	3.94E-06	2.58E-06	2.56E-06	3.44E-06	2.83E-06	8.55E-07

Tabla A9.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Quintanaélez	3.73E-05	3.01E-05	3.57E-05	1.25E-05	1.13E-05	8.24E-06	8.07E-06	1.10E-05	9.03E-06	2.27E-06
Quintanilla San-García	1.06E-05	1.20E-05	1.29E-05	4.16E-06	4.19E-06	2.63E-06	2.69E-06	3.52E-06	2.88E-06	9.75E-07
Rojas	7.31E-06	6.88E-06	8.76E-06	2.86E-06	2.64E-06	1.74E-06	1.66E-06	2.31E-06	1.94E-06	5.78E-07
Rucandio	8.22E-06	7.31E-06	9.58E-06	3.16E-06	2.86E-06	1.92E-06	1.82E-06	2.56E-06	2.17E-06	6.26E-07
Salas de Bureba	1.13E-05	8.00E-06	1.20E-05	4.10E-06	3.42E-06	2.50E-06	2.27E-06	3.34E-06	2.89E-06	7.23E-07
Salinillas de Bureba	7.63E-06	8.09E-06	9.34E-06	3.01E-06	2.93E-06	1.86E-06	1.85E-06	2.48E-06	2.04E-06	6.53E-07
Santa Gadea del Cid	1.67E-04	2.09E-04	1.13E-04	3.00E-05	2.28E-04	7.52E-05	3.92E-05	4.95E-05	3.05E-05	2.07E-05
Santa María Ribarredonda	3.41E-05	3.13E-05	3.47E-05	1.19E-05	1.12E-05	7.81E-06	7.84E-06	1.04E-05	8.52E-06	2.44E-06
Trespaderne	3.00E-05	3.73E-05	3.33E-05	1.09E-05	1.18E-05	7.39E-06	8.10E-06	9.90E-06	7.56E-06	2.47E-06
Vallarta de Bureba	1.63E-05	1.72E-05	1.86E-05	6.14E-06	6.05E-06	3.94E-06	4.01E-06	5.27E-06	4.31E-06	1.37E-06
Valle de Tobalina	3.02E-04	2.58E-04	1.86E-04	6.35E-05	2.50E-04	9.92E-05	6.03E-05	7.85E-05	5.50E-05	2.37E-05
Valluércanes	1.27E-05	1.71E-05	1.60E-05	5.06E-06	5.53E-06	3.29E-06	3.57E-06	4.41E-06	3.47E-06	1.28E-06
Vid de Bureba (La)	2.11E-05	1.89E-05	2.21E-05	7.50E-06	6.96E-06	4.83E-06	4.77E-06	6.46E-06	5.31E-06	1.45E-06
Vileña	1.81E-05	1.66E-05	1.94E-05	6.53E-06	6.10E-06	4.18E-06	4.13E-06	5.59E-06	4.60E-06	1.28E-06
Villanueva de Teba	3.74E-05	4.09E-05	3.98E-05	1.33E-05	1.36E-05	8.92E-06	9.42E-06	1.19E-05	9.42E-06	2.98E-06
Zuñeda	2.00E-05	2.03E-05	2.21E-05	7.35E-06	7.17E-06	4.75E-06	4.82E-06	6.35E-06	5.20E-06	1.60E-06
Valle de Losa	1.09E-05	9.71E-06	1.24E-05	4.12E-06	3.76E-06	2.55E-06	2.45E-06	3.41E-06	2.90E-06	8.65E-07
La Rioja										
Cellorigo	8.02E-06	1.97E-05	1.25E-05	3.60E-06	5.31E-06	2.59E-06	3.40E-06	3.50E-06	2.43E-06	1.33E-06
Foncea	8.87E-06	2.16E-05	1.37E-05	3.95E-06	5.82E-06	2.85E-06	3.74E-06	3.84E-06	2.66E-06	1.45E-06
Fonzaleche	6.12E-06	1.58E-05	9.99E-06	2.83E-06	4.25E-06	2.03E-06	2.69E-06	2.75E-06	1.91E-06	1.08E-06
Galbárruli	6.34E-06	1.64E-05	1.03E-05	2.93E-06	4.39E-06	2.10E-06	2.78E-06	2.84E-06	1.96E-06	1.12E-06
Sajazarra	8.47E-06	1.58E-05	1.24E-05	3.69E-06	4.65E-06	2.47E-06	2.92E-06	3.31E-06	2.47E-06	1.14E-06
San Millán de Yécora	9.52E-06	1.34E-05	1.25E-05	3.91E-06	4.33E-06	2.52E-06	2.74E-06	3.37E-06	2.65E-06	1.03E-06
Treviana	9.29E-06	1.31E-05	1.23E-05	3.82E-06	4.23E-06	2.46E-06	2.68E-06	3.29E-06	2.59E-06	1.00E-06
Vizcaya										
Orduña/Urduña	7.34E-06	7.43E-06	9.02E-06	2.93E-06	2.78E-06	1.79E-06	1.75E-06	2.39E-06	2.02E-06	6.62E-07

Tabla A9.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Álava										
Armiñón	1.08E-06	1.00E-06	1.31E-06	1.52E-06	1.09E-06	1.06E-06	4.10E-07	6.14E-07	8.72E-07	3.80E-07
Kuartango	9.83E-07	9.73E-07	1.27E-06	1.49E-06	1.03E-06	1.03E-06	3.85E-07	5.73E-07	8.42E-07	3.27E-07
Ribera Alta	1.79E-06	1.77E-06	2.59E-06	2.77E-06	1.80E-06	1.59E-06	6.01E-07	9.80E-07	1.29E-06	5.15E-07
Ribera Baja / Erribera Beitia	1.65E-06	1.58E-06	2.40E-06	2.48E-06	1.60E-06	1.33E-06	5.16E-07	8.74E-07	1.08E-06	4.62E-07
Añana-Salinas de Añana	2.29E-06	2.45E-06	3.09E-06	3.70E-06	2.53E-06	2.52E-06	9.42E-07	1.37E-06	2.05E-06	8.03E-07
Valdegovía	3.97E-06	5.01E-06	8.27E-06	7.60E-06	4.04E-06	2.19E-06	9.00E-07	1.95E-06	1.70E-06	7.77E-07
Zambrana	1.12E-05	3.88E-05	1.54E-05	4.04E-05	1.86E-05	1.92E-05	2.35E-05	3.87E-05	3.33E-05	4.14E-06
Lantarón	1.17E-05	3.94E-05	1.60E-05	4.13E-05	1.92E-05	2.00E-05	2.38E-05	3.91E-05	3.40E-05	4.39E-06
Burgos										
Aguas Cándidas	5.15E-07	4.93E-07	9.27E-07	8.00E-07	4.40E-07	2.02E-07	9.00E-08	2.28E-07	1.59E-07	8.99E-08
Aguilar de Bureba	7.26E-07	7.60E-07	1.26E-06	1.21E-06	6.98E-07	4.62E-07	1.82E-07	3.62E-07	3.67E-07	1.57E-07
Altable	1.12E-06	1.12E-06	1.66E-06	1.73E-06	1.11E-06	9.07E-07	3.56E-07	5.98E-07	7.38E-07	3.22E-07

Tabla A9.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ameyugo	1.88E-06	2.09E-06	2.81E-06	3.18E-06	2.06E-06	1.90E-06	7.11E-07	1.09E-06	1.53E-06	5.96E-07
Barrios de Bureba	7.61E-07	8.38E-07	1.44E-06	1.34E-06	7.30E-07	4.19E-07	1.67E-07	3.67E-07	3.27E-07	1.40E-07
Berberana	1.26E-06	1.25E-06	1.90E-06	1.92E-06	1.23E-06	9.38E-07	3.81E-07	6.60E-07	7.68E-07	3.66E-07
Berzosa de Bureba	1.15E-06	1.38E-06	2.22E-06	2.14E-06	1.18E-06	7.55E-07	2.94E-07	5.86E-07	5.92E-07	2.41E-07
Bozóo	1.43E-05	4.31E-05	2.07E-05	4.64E-05	2.24E-05	2.28E-05	2.48E-05	4.07E-05	3.62E-05	5.22E-06
Briviesca	5.66E-07	5.54E-07	9.29E-07	8.87E-07	5.26E-07	3.60E-07	1.42E-07	2.80E-07	2.88E-07	1.26E-07
Bugedo	1.48E-06	1.54E-06	2.09E-06	2.36E-06	1.57E-06	1.45E-06	5.49E-07	8.46E-07	1.18E-06	4.76E-07
Busto de Bureba	1.64E-06	2.20E-06	3.47E-06	3.28E-06	1.75E-06	1.07E-06	4.18E-07	8.43E-07	8.33E-07	3.31E-07
Cantabrana	6.51E-07	6.69E-07	1.23E-06	1.07E-06	5.78E-07	2.58E-07	1.15E-07	2.92E-07	2.02E-07	1.13E-07
Cascajares de Bureba	2.28E-06	3.44E-06	5.30E-06	4.91E-06	2.56E-06	1.51E-06	5.88E-07	1.19E-06	1.17E-06	4.51E-07
Cillaperlata	1.09E-06	1.85E-06	2.98E-06	2.62E-06	1.24E-06	4.42E-07	1.98E-07	5.33E-07	3.21E-07	1.61E-07
Cubo de Bureba	1.80E-06	2.08E-06	3.21E-06	3.11E-06	1.83E-06	1.25E-06	5.06E-07	9.33E-07	1.01E-06	4.61E-07
Encío	2.38E-06	2.78E-06	3.74E-06	4.17E-06	2.65E-06	2.38E-06	8.94E-07	1.39E-06	1.92E-06	7.46E-07
Frías	3.49E-06	7.06E-06	1.08E-05	8.77E-06	4.09E-06	1.51E-06	6.65E-07	1.74E-06	1.09E-06	5.26E-07
Fuentebureba	1.64E-06	1.84E-06	2.86E-06	2.78E-06	1.65E-06	1.13E-06	4.60E-07	8.47E-07	9.13E-07	4.24E-07
Grisaleña	8.35E-07	9.17E-07	1.51E-06	1.45E-06	8.24E-07	5.40E-07	2.11E-07	4.20E-07	4.26E-07	1.77E-07
Junta de Villalba de Losa	1.00E-06	9.65E-07	1.61E-06	1.49E-06	9.04E-07	5.49E-07	2.41E-07	4.81E-07	4.50E-07	2.52E-07
Jurisdicción de San Zadornil	4.01E-06	6.05E-06	9.21E-06	8.00E-06	4.28E-06	2.32E-06	9.96E-07	2.03E-06	1.83E-06	9.28E-07
Llano de Bureba	5.23E-07	5.13E-07	9.05E-07	8.28E-07	4.72E-07	2.84E-07	1.14E-07	2.48E-07	2.25E-07	1.01E-07
Medina de Pomar	9.06E-07	8.63E-07	1.49E-06	1.40E-06	8.26E-07	5.79E-07	2.21E-07	4.42E-07	4.59E-07	1.85E-07
Merindad de Cuesta-Urria	1.66E-06	1.98E-06	3.24E-06	3.21E-06	1.74E-06	1.19E-06	4.34E-07	8.60E-07	9.19E-07	3.03E-07
Merindad de Valdivielso	8.94E-07	9.02E-07	1.54E-06	1.47E-06	8.50E-07	6.23E-07	2.28E-07	4.47E-07	4.88E-07	1.70E-07
Miranda de Ebro	1.18E-05	3.94E-05	1.64E-05	4.14E-05	1.92E-05	1.97E-05	2.37E-05	3.90E-05	3.37E-05	4.29E-06
Miraveche	4.14E-06	5.52E-06	9.24E-06	8.30E-06	4.25E-06	2.05E-06	8.56E-07	1.99E-06	1.57E-06	7.20E-07
Navas de Bureba	2.27E-06	2.94E-06	5.32E-06	4.65E-06	2.23E-06	8.36E-07	3.47E-07	1.02E-06	6.00E-07	2.52E-07
Oña	1.52E-06	1.76E-06	3.40E-06	2.87E-06	1.38E-06	4.08E-07	1.88E-07	6.44E-07	2.88E-07	1.57E-07
Padrones de Bureba	7.18E-07	6.41E-07	1.36E-06	1.07E-06	5.56E-07	1.87E-07	8.46E-08	2.90E-07	1.39E-07	7.94E-08
Pancorbo	2.21E-06	2.44E-06	4.10E-06	3.87E-06	2.16E-06	1.35E-06	5.32E-07	1.09E-06	1.06E-06	4.46E-07
Partido de la Sierra en Tobalina	8.44E-06	1.86E-05	2.86E-05	2.40E-05	1.07E-05	3.64E-06	1.51E-06	4.29E-06	2.50E-06	9.01E-07
Piérnigas	8.24E-07	7.75E-07	1.55E-06	1.29E-06	6.80E-07	3.01E-07	1.23E-07	3.53E-07	2.28E-07	1.02E-07
Poza de la Sal	7.55E-07	6.82E-07	1.44E-06	1.14E-06	5.90E-07	1.98E-07	9.00E-08	3.06E-07	1.47E-07	8.48E-08
Quintanabureba	9.80E-07	9.67E-07	1.84E-06	1.60E-06	8.54E-07	4.29E-07	1.71E-07	4.38E-07	3.29E-07	1.40E-07
Quintanaélez	2.44E-06	3.22E-06	5.62E-06	5.08E-06	2.50E-06	1.12E-06	4.47E-07	1.15E-06	8.24E-07	3.26E-07
Quintanilla San-García	1.12E-06	1.03E-06	1.90E-06	1.66E-06	9.61E-07	5.47E-07	2.27E-07	5.14E-07	4.36E-07	2.14E-07
Rojas	7.05E-07	6.32E-07	1.29E-06	1.05E-06	5.63E-07	2.50E-07	1.03E-07	2.98E-07	1.91E-07	8.89E-08
Rucandio	7.73E-07	7.00E-07	1.43E-06	1.16E-06	6.20E-07	2.63E-07	1.11E-07	3.26E-07	2.00E-07	9.93E-08
Salas de Bureba	9.31E-07	8.99E-07	1.85E-06	1.50E-06	7.58E-07	2.43E-07	1.12E-07	3.81E-07	1.79E-07	1.02E-07
Salinillas de Bureba	7.64E-07	6.97E-07	1.36E-06	1.15E-06	6.33E-07	3.27E-07	1.32E-07	3.36E-07	2.54E-07	1.14E-07
Santa Gadea del Cid	1.40E-05	4.25E-05	2.09E-05	4.61E-05	2.18E-05	2.16E-05	2.44E-05	4.03E-05	3.53E-05	4.85E-06
Santa María Ribarredonda	2.67E-06	3.12E-06	5.40E-06	4.89E-06	2.59E-06	1.33E-06	5.48E-07	1.26E-06	1.03E-06	4.72E-07
Trespaderne	2.30E-06	3.00E-06	4.80E-06	4.78E-06	2.53E-06	1.69E-06	6.11E-07	1.21E-06	1.29E-06	4.08E-07
Vallarta de Bureba	1.55E-06	1.55E-06	2.79E-06	2.49E-06	1.39E-06	7.64E-07	3.16E-07	7.17E-07	6.02E-07	2.87E-07
Valle de Tobalina	1.61E-05	5.40E-05	3.69E-05	5.80E-05	2.61E-05	2.21E-05	2.46E-05	4.15E-05	3.53E-05	4.62E-06
Valluércanes	1.37E-06	1.33E-06	2.29E-06	2.13E-06	1.25E-06	8.28E-07	3.27E-07	6.64E-07	6.60E-07	2.88E-07

Tabla A9.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vid de Bureba (La)	1.61E-06	1.85E-06	3.36E-06	3.00E-06	1.53E-06	7.28E-07	2.91E-07	7.42E-07	5.48E-07	2.25E-07
Vileña	1.44E-06	1.59E-06	2.92E-06	2.60E-06	1.34E-06	6.40E-07	2.55E-07	6.55E-07	4.83E-07	1.99E-07
Villanueva de Teba	3.04E-06	3.66E-06	6.03E-06	5.69E-06	3.09E-06	1.87E-06	7.35E-07	1.52E-06	1.46E-06	5.99E-07
Zuñeda	1.80E-06	1.87E-06	3.33E-06	3.00E-06	1.65E-06	8.92E-07	3.68E-07	8.38E-07	6.99E-07	3.30E-07
Valle de Losa	1.08E-06	9.68E-07	1.88E-06	1.57E-06	8.79E-07	4.00E-07	1.80E-07	4.66E-07	3.17E-07	1.84E-07
La Rioja										
Cellorigo	1.21E-06	1.21E-06	1.64E-06	1.86E-06	1.26E-06	1.17E-06	4.46E-07	6.87E-07	9.52E-07	3.94E-07
Foncea	1.31E-06	1.33E-06	1.80E-06	2.04E-06	1.37E-06	1.27E-06	4.85E-07	7.46E-07	1.04E-06	4.25E-07
Fonzaleche	9.99E-07	9.59E-07	1.30E-06	1.47E-06	1.01E-06	9.48E-07	3.65E-07	5.62E-07	7.77E-07	3.30E-07
Galbárruli	1.02E-06	9.89E-07	1.34E-06	1.52E-06	1.04E-06	9.77E-07	3.75E-07	5.77E-07	8.00E-07	3.37E-07
Sajazarra	1.15E-06	1.06E-06	1.69E-06	1.67E-06	1.07E-06	8.54E-07	3.33E-07	5.90E-07	6.93E-07	2.99E-07
San Millán de Yécora	1.11E-06	1.02E-06	1.78E-06	1.63E-06	9.82E-07	6.62E-07	2.63E-07	5.32E-07	5.31E-07	2.37E-07
Treviana	1.08E-06	9.93E-07	1.74E-06	1.59E-06	9.59E-07	6.45E-07	2.57E-07	5.20E-07	5.17E-07	2.32E-07
Vizcaya										
Orduña/Urduña	8.24E-07	6.84E-07	1.35E-06	1.11E-06	6.48E-07	3.24E-07	1.44E-07	3.57E-07	2.61E-07	1.50E-07

Tabla A9.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	2001	2002	2003
Álava			
Armiñón	1.02E-06	3.19E-07	4.32E-07
Kuartango	9.99E-07	2.79E-07	3.90E-07
Ribera Alta	1.52E-06	4.38E-07	6.05E-07
Ribera Baja / Erribera Beitia	1.27E-06	3.89E-07	5.29E-07
Añana-Salinas de Añana	2.43E-06	6.85E-07	9.53E-07
Valdegovía	1.97E-06	6.50E-07	8.66E-07
Zambrana	1.25E-05	2.85E-05	1.73E-05
Lantarón	1.33E-05	2.87E-05	1.76E-05
Burgos			
Aguas Cándidas	1.77E-07	7.32E-08	9.25E-08
Aguilar de Bureba	4.28E-07	1.32E-07	1.79E-07
Altable	8.62E-07	2.70E-07	3.65E-07
Ameyugo	1.82E-06	5.09E-07	7.10E-07
Barrios de Bureba	3.81E-07	1.18E-07	1.60E-07
Berberana	8.87E-07	3.04E-07	4.02E-07
Berzosa de Bureba	6.96E-07	2.05E-07	2.81E-07
Bozóo	1.60E-05	2.94E-05	1.86E-05
Briviesca	3.35E-07	1.05E-07	1.42E-07
Bugedo	1.39E-06	4.04E-07	5.57E-07
Busto de Bureba	9.81E-07	2.83E-07	3.90E-07
Cantabrana	2.26E-07	9.21E-08	1.17E-07
Cascajares de Bureba	1.38E-06	3.87E-07	5.37E-07
Cillaperlata	3.66E-07	1.33E-07	1.73E-07

Municipio	2001	2002	2003
Cubo de Bureba	1.17E-06	3.85E-07	5.13E-07
Encío	2.28E-06	6.37E-07	8.88E-07
Frías	1.26E-06	4.39E-07	5.75E-07
Fuentebureba	1.06E-06	3.53E-07	4.69E-07
Grisaleña	5.00E-07	1.50E-07	2.05E-07
Junta de Villalba de Losa	5.06E-07	2.05E-07	2.61E-07
Jurisdicción de San Zadornil	2.10E-06	7.66E-07	9.96E-07
Llano de Bureba	2.60E-07	8.46E-08	1.13E-07
Medina de Pomar	5.40E-07	1.57E-07	2.16E-07
Merindad de Cuesta-Urria	1.10E-06	2.67E-07	3.88E-07
Merindad de Valdivielso	5.83E-07	1.48E-07	2.12E-07
Miranda de Ebro	1.30E-05	2.86E-05	1.75E-05
Miraveche	1.81E-06	6.02E-07	8.00E-07
Navas de Bureba	6.95E-07	2.14E-07	2.89E-07
Oña	3.18E-07	1.29E-07	1.63E-07
Padrones de Bureba	1.52E-07	6.46E-08	8.09E-08
Pancorbo	1.24E-06	3.77E-07	5.13E-07
Partido de la Sierra en Tobalina	2.96E-06	7.88E-07	1.10E-06
Piérnigas	2.61E-07	8.58E-08	1.14E-07
Poza de la Sal	1.61E-07	6.89E-08	8.64E-08
Quintanabureba	3.81E-07	1.18E-07	1.60E-07
Quintanaélez	9.66E-07	2.78E-07	3.83E-07
Quintanilla San-García	4.97E-07	1.77E-07	2.32E-07
Rojas	2.17E-07	7.41E-08	9.77E-08

Tabla A9.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	2001	2002	2003
Rucandio	2.26E-07	8.21E-08	1.07E-07
Salas de Bureba	1.95E-07	8.33E-08	1.04E-07
Salinillas de Bureba	2.93E-07	9.52E-08	1.27E-07
Santa Gadea del Cid	1.48E-05	2.91E-05	1.82E-05
Santa María Ribarredonda	1.19E-06	3.94E-07	5.24E-07
Trespaderne	1.56E-06	3.62E-07	5.32E-07
Vallarta de Bureba	6.90E-07	2.39E-07	3.14E-07
Valle de Tobalina	1.49E-05	2.89E-05	1.80E-05
Valluércanes	7.68E-07	2.42E-07	3.26E-07
Vid de Bureba (La)	6.39E-07	1.91E-07	2.60E-07
Vileña	5.62E-07	1.69E-07	2.30E-07
Villanueva de Teba	1.71E-06	5.08E-07	6.96E-07

Municipio	2001	2002	2003
Zuñeda	8.03E-07	2.75E-07	3.62E-07
Valle de Losa	3.50E-07	1.49E-07	1.88E-07
La Rioja			
Cellorigo	1.12E-06	3.33E-07	4.57E-07
Foncea	1.22E-06	3.61E-07	4.96E-07
Fonzaleche	9.13E-07	2.78E-07	3.79E-07
Galbárruli	9.41E-07	2.84E-07	3.88E-07
Sajazarra	8.10E-07	2.51E-07	3.41E-07
San Millán de Yécora	6.15E-07	1.99E-07	2.66E-07
Treviana	6.00E-07	1.94E-07	2.60E-07
Vizcaya			
Orduña/Urduña	2.89E-07	1.22E-07	1.54E-07

Figura A9.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Valle de Tobalina, año 2003 ***(Total: 1.69E-05 mSv)***

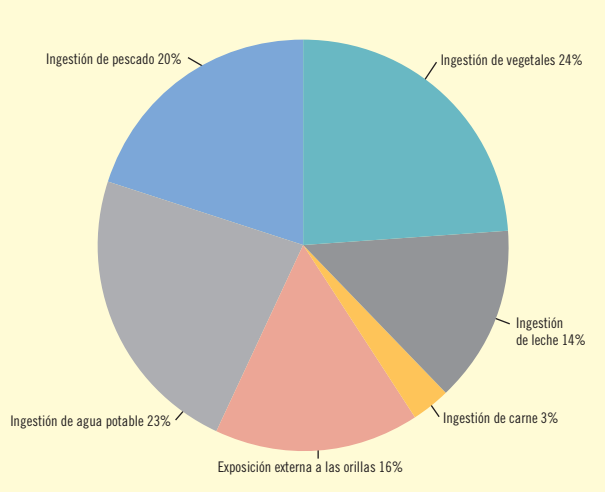


Figura A9.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Valle de Tobalina, año 2003 ***(Total: 1.11E-06 mSv)***

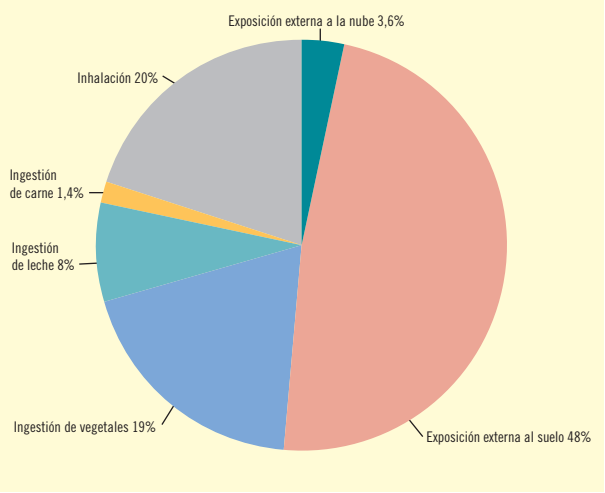
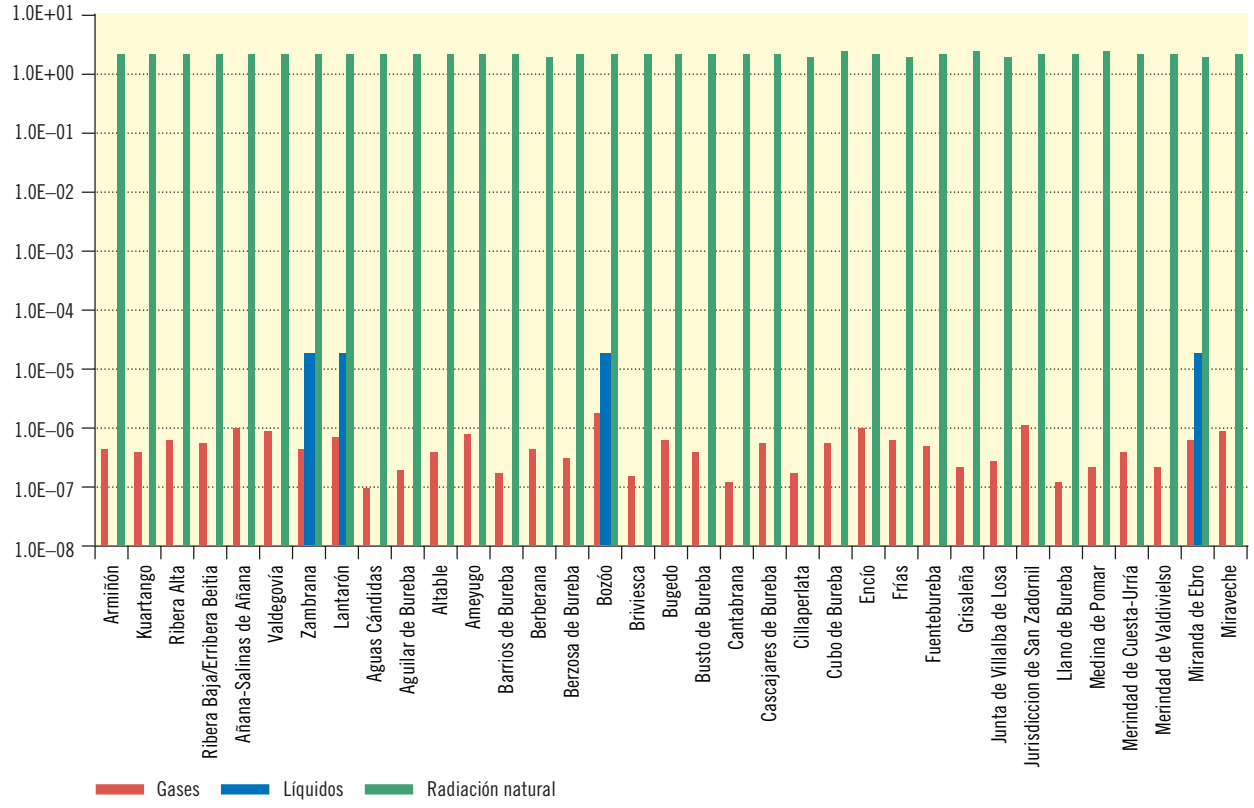


Figura A9.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003



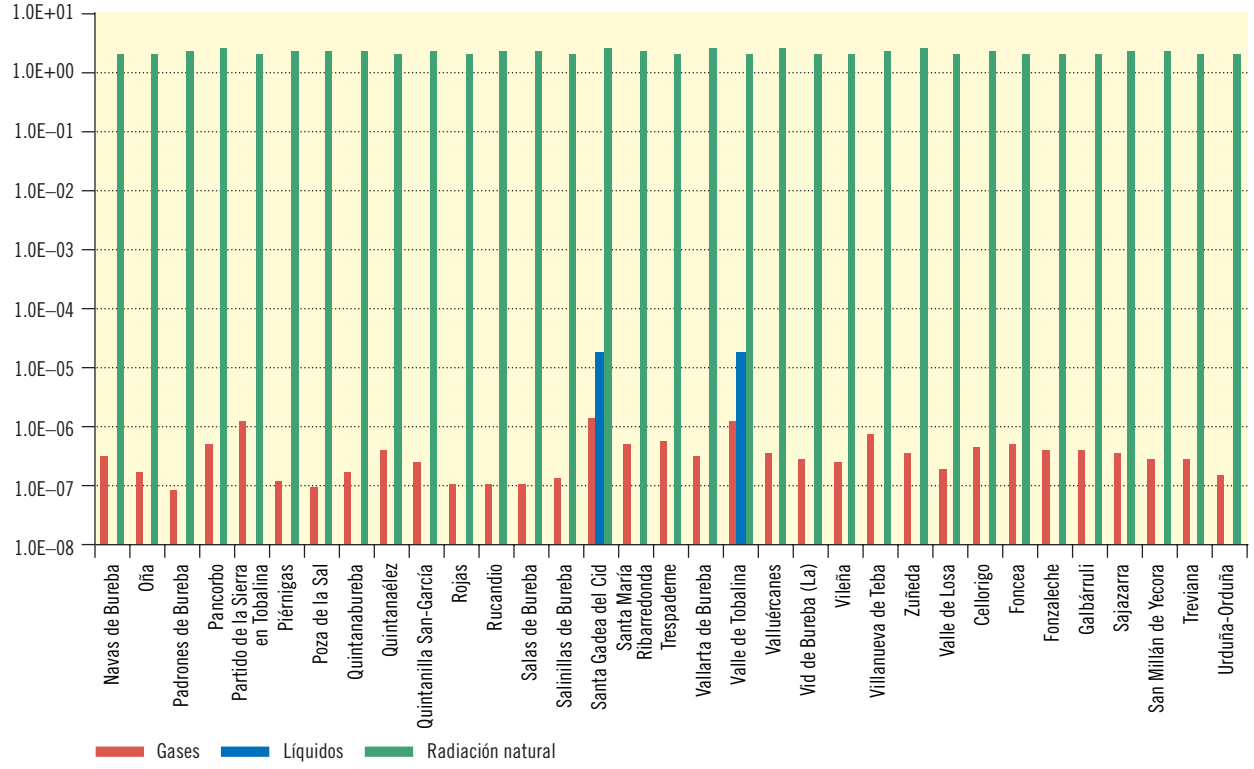


Tabla A9.3. Dosis efectiva acumulada adultos en el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Álava	
Armiñón	6.69E-03
Kuartango	6.52E-03
Ribera Alta	1.62E-02
Ribera Baja / Erribera Beitia	1.57E-02
Añana-Salinas de Añana	1.74E-02
Valdegovía	7.67E-02
Zambrana	3.84E-02
Lantarón	4.13E-02
Burgos	
Aguas Cándidas	8.03E-03
Aguilar de Bureba	1.02E-02
Altable	1.16E-02
Ameyugo	1.85E-02
Barrios de Bureba	1.25E-02
Berberana	1.38E-02
Berzosa de Bureba	1.93E-02
Bozóo	7.66E-02
Briviesca	7.10E-03
Bugedo	1.31E-02
Busto de Bureba	3.16E-02
Cantabrana	1.11E-02
Cascajares de Bureba	4.93E-02
Cillaperlata	3.17E-02
Cubo de Bureba	2.66E-02
Encío	2.60E-02
Frías	1.09E-01
Fuentebureba	2.34E-02
Grisaleña	1.25E-02
Junta de Villalba de Losa	1.31E-02
Jurisdicción de San Zadornil	8.49E-02
Llano de Bureba	7.29E-03
Medina de Pomar	1.08E-02
Merindad de Cuesta-Urria	2.74E-02
Merindad de Valdivielso	1.12E-02
Miranda de Ebro	4.61E-02
Miraveche	8.87E-02
Navas de Bureba	5.27E-02
Oña	3.35E-02
Padrones de Bureba	1.15E-02
Pancorbo	3.45E-02
Partido de la Sierra en Tobalina	3.04E-01
Piérnigas	1.29E-02
Poza de la Sal	1.23E-02
Quintanabureba	1.54E-02
Quintanaélez	5.50E-02
Quintanilla San-García	1.48E-02
Rojas	1.03E-02
Rucandio	1.17E-02
Salas de Bureba	1.66E-02
Salinillas de Bureba	1.07E-02
Santa Gadea del Cid	8.55E-02
Santa María Ribarredonda	4.94E-02
Trespaderne	4.28E-02
Vallarta de Bureba	2.33E-02
Valle de Tobalina	2.67E-01
Valluércanes	1.75E-02
Vid de Bureba (La)	3.09E-02
Vileña	2.64E-02
Villanueva de Teba	5.33E-02
Zuñeda	2.86E-02
Valle de Losa	1.56E-02
La Rioja	
Cellorigo	9.88E-03
Foncea	1.10E-02
Fonzaleche	7.39E-03
Galbárruli	7.66E-03
Sajazarra	1.09E-02
San Millán de Yécora	1.29E-02
Treviana	1.25E-02
Vizcaya	
Orduña/Urduña	1.02E-02

Figura A9.4. Distribución espacial de la dosis acumulada para el individuo adulto por efecto de la Central nuclear de Santa María de Garoña en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1971-2003

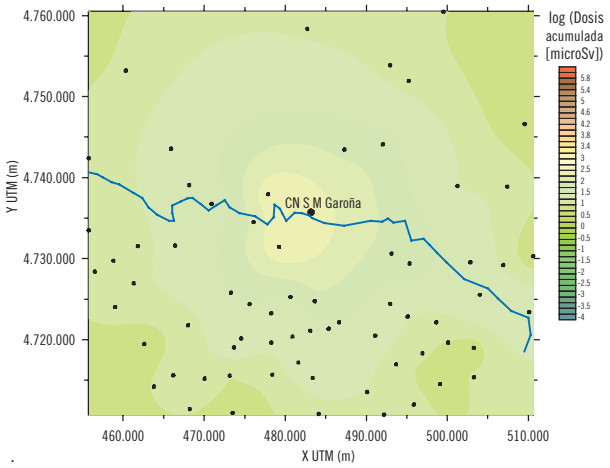


Figura A9.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1971-2003

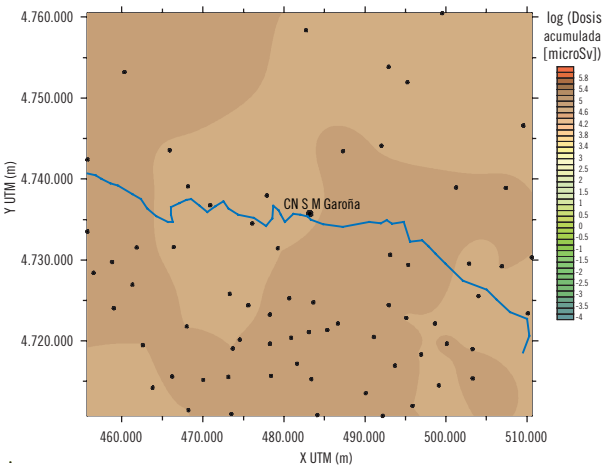


Tabla A9.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1971-2003 (mSv)

Municipio	Radón interno	Radón externo	Torón	Gamma externo	Gamma interno	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Álava									
Armiñón	0,37	0,03	0,07	0,05	0,68	0,34	0,37	1,91	63,03
Kuartango	0,37	0,03	0,07	0,03	0,62	0,36	0,37	1,85	61,05
Ribera Alta	0,37	0,03	0,07	0,05	0,69	0,35	0,37	1,93	63,69
Ribera Baja	0,37	0,03	0,07	0,05	0,69	0,34	0,37	1,92	63,36
Añana-Salinas de Añana	0,37	0,03	0,07	0,05	0,68	0,36	0,37	1,93	63,69
Valdegovía	0,37	0,03	0,07	0,04	0,67	0,35	0,37	1,9	62,70
Zambrana	0,37	0,03	0,07	0,04	0,64	0,34	0,37	1,86	61,38
Lantarón	0,37	0,03	0,07	0,04	0,63	0,34	0,37	1,85	61,05
Burgos									
Aguas Cándidas	0,20	0,03	0,07	0,06	0,76	0,38	0,37	2,04	67,32
Aguilar de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,06	0,74	0,37	0,37	2,01	66,33
Altable	0,22	0,03	0,07	0,06	0,76	0,38	0,37	2,04	67,32
Ameyugo	0,37	0,03	0,07	0,04	0,67	0,35	0,37	1,9	62,70
(Los) Barrios de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,37	0,37	1,91	63,03
Berberana	0,37	0,03	0,07	0,04	0,63	0,36	0,37	1,77	58,41
Berzosa de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,06	0,74	0,37	0,37	2,01	66,33
Bozóo	0,37	0,03	0,07	0,06	0,73	0,36	0,37	1,99	65,67
Briviesca	0,37	0,03	0,07	0,07	0,81	0,38	0,37	2,06	67,98
Bugedo	0,37	0,03	0,07	0,04	0,67	0,35	0,37	1,9	62,70

Tabla A9.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1971-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interno	Radón externo	Torón	Gamma externo	Gamma interno	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Busto de Bureba	0,66	0,03	0,07	0,05	0,7	0,38	0,37	1,97	65,01
Cantabrana	0,37	0,03	0,07	0,06	0,75	0,37	0,37	2,02	66,66
Cascajares de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,06	0,75	0,39	0,37	2,04	67,32
Cillaperlata	0,37	0,03	0,07	0,03	0,59	0,35	0,37	1,81	59,73
Cubo de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,08	0,85	0,37	0,37	2,14	70,62
Encío	0,45	0,03	0,07	0,05	0,7	0,37	0,37	1,96	64,68
Frías	0,48	0,03	0,07	0,03	0,6	0,35	0,37	1,67	55,11
Fuentebureba	0,37	0,03	0,07	0,07	0,78	0,37	0,37	2,06	67,98
Grisaleña	0,37	0,03	0,07	0,08	0,84	0,38	0,37	2,14	70,62
Junta de Villalba de Losa	0,37	0,03	0,07	0,03	0,6	0,37	0,37	1,84	60,72
Jurisdicción de San Zadornil	0,37	0,03	0,07	0,05	0,7	0,37	0,37	1,96	64,68
Llano de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,37	0,37	1,91	63,03
Medina de Pomar	0,37	0,03	0,07	0,06	0,73	0,36	0,37	2,28	75,24
Merindad de Cuesta-Urria	0,37	0,03	0,07	0,04	0,65	0,35	0,37	1,88	62,04
Merindad de Valdivielso	0,37	0,03	0,07	0,05	0,71	0,36	0,37	1,96	64,68
Miranda de Ebro	0,27	0,03	0,07	0,05	0,72	0,34	0,37	1,8	59,40
Miraveche	0,37	0,03	0,07	0,06	0,76	0,4	0,37	2,06	67,98
Navas de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,03	0,59	0,39	0,37	1,85	61,05
Oña	0,37	0,03	0,07	0,03	0,58	0,36	0,37	1,81	59,73
Padrones de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,06	0,73	0,39	0,37	2,02	66,66
Pancorbo	0,37	0,03	0,07	0,08	0,83	0,37	0,37	2,23	73,59
Partido de la Sierra en Tobalina	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,36	0,37	1,9	62,70
Piérnigas	0,37	0,03	0,07	0,06	0,74	0,38	0,37	2,02	66,66
Poza de la Sal	0,37	0,03	0,07	0,05	0,71	0,39	0,37	1,99	65,67
Quintanabureba	0,37	0,03	0,07	0,08	0,82	0,38	0,37	2,12	69,96
Quintanaélez	0,37	0,03	0,07	0,03	0,61	0,38	0,37	1,86	61,38
Quintanilla San-García	0,37	0,03	0,07	0,06	0,74	0,38	0,37	2,02	66,66
Rojas	0,37	0,03	0,07	0,02	0,57	0,38	0,37	1,81	59,73
Rucandio	0,37	0,03	0,07	0,06	0,75	0,4	0,37	2,05	67,65
Salas de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,08	0,83	0,37	0,37	2,12	69,96
Salinillas de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,03	0,63	0,41	0,37	1,91	63,03
Santa Gadea del Cid	0,33	0,03	0,07	0,05	0,72	0,35	0,37	2,25	74,25
Santa María Rivarredonda	0,37	0,03	0,07	0,08	0,83	0,37	0,37	2,12	69,96
Trespaderne	0,37	0,03	0,07	0,03	0,59	0,35	0,37	1,89	62,37
Vallarta de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,1	0,93	0,38	0,37	2,25	74,25
Valle de Tobalina	0,22	0,03	0,07	0,05	0,71	0,35	0,37	1,78	58,74
Valluércanes	0,37	0,03	0,07	0,09	0,91	0,38	0,37	2,22	73,26
(La) Vid de Bureba	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,38	0,37	1,92	63,36
Vileña	0,66	0,03	0,07	0,04	0,66	0,37	0,37	1,91	63,03
Villanueva de Teba	0,37	0,03	0,07	0,07	0,78	0,38	0,37	2,07	68,31
Zuñeda	0,37	0,03	0,07	0,09	0,91	0,38	0,37	2,22	73,26

Tabla A9.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1971-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interno	Radón externo	Torón	Gamma externo	Gamma interno	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Valle de Losa	0,37	0,03	0,07	0,03	0,62	0,37	0,37	1,86	61,38
La Rioja									
Cellorigo	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,39	0,37	1,93	63,69
Foncea	0,37	0,03	0,07	0,04	0,64	0,38	0,37	1,9	62,70
Fonzaleche	0,37	0,03	0,07	0,03	0,63	0,35	0,37	1,85	61,05
Galbárruli	0,37	0,03	0,07	0,04	0,66	0,37	0,37	1,91	63,03
Sajazarra	0,37	0,03	0,07	0,05	0,72	0,35	0,37	1,96	64,68
San Millán de Yécora	0,37	0,03	0,07	0,07	0,81	0,37	0,37	2,09	68,97
Treviana	0,37	0,03	0,07	0,04	0,67	0,36	0,37	1,91	63,03
Vizcaya									
Urduña-Orduña	0,37	0,03	0,07	0,04	0,67	0,32	0,37	1,87	61,71

Tabla A9.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
1	Álava	6	Armiñón	27.868	ESE
		20	Kuartango	28.334	ENE
		46	Ribera Alta	24.280	E
		47	Ribera Baja / Erribera Beitia	24..537	ESE
		49	Añana-Salinas de Añana	18.198	E
		55	Valdegovía	11.955	NE
		62	Zambrana	29.590	ESE
		902	Lantarón	20.563	ESE
9	Burgos	6	Aguas Cándidas	25.261	WSW
		7	Aguilar de Bureba	22.751	SSW
		13	Altable	21.641	SSE
		16	Ameyugo	17.619	SE
		43	Barrios de Bureba	20.820	SW
		50	Berberana	19.968	NE
		52	Berzosa de Bureba	17.055	SSW
		54	Bozóo	11.166	ESE
		56	Briviesca	26.790	SSW
		57	Bugedo	20.627	SE
		60	Busto de Bureba	13.644	SSW
		68	Cantabrana	21.915	WSW
		77	Cascajares de Bureba	10.973	SSW
		102	Cillaperlata	12.421	W
		115	Cubo de Bureba	14.819	S
		120	Encío	15.012	SE
		134	Frías	7.337	WSW
		135	Fuentebureba	15.736	S
		149	Grisaleña	20.820	SSW
		190	Junta de Villalba de Losa	20.338	NNE
		192	Jurisdicción de San Zadornil	8.512	NNE
		195	Llano de Bureba	26.468	SW
		209	Medina de Pomar	28.737	NW
		213	Merindad de Cuesta-Urria	18.986	WNW
		217	Merindad de Valdivielso	28.286	WNW
		219	Miranda de Ebro	23.170	ESE
		220	Miraveche	11.183	S

Tabla A9.5. Municipios del entorno de 30 km (continuación)

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
		230	Navas de Bureba	14.240	SW
		238	Oña	17.442	WSW
		244	Padrones de Bureba	27.836	WSW
		251	Pancorbo	17.297	SSE
		255	Partido de la Sierra en Tobalina	6.034	SW
		265	Piérnigas	26.565	SW
		272	Poza de la Sal	27.047	WSW
		280	Quintanabureba	24.602	SSW
		283	Quintanaélez	13.870	SSW
		298	Quintanilla San-García	25.100	S
		323	Rojas	29.187	SW
		328	Rucandio	27.659	W
		329	Salas de Bureba	23.749	WSW
		334	Salinillas de Bureba	28.753	SSW
		347	Santa Gadea del Cid	13.709	ESE
		353	Santa María Ribarredonda	14.722	S
		394	Trespaderne	15.462	WNW
		408	Vallarta de Bureba	20.643	S
		412	Valle de Tobalina	5.760	WNW
		419	Valluércanes	23.395	SSE
		422	Vid de Bureba (La)	18.053	SSW
		423	Vileña	19.421	SSW
		454	Villanueva de Teba	14.191	SSE
		485	Zuñeda	18.825	S
		908	Valle de Losa	24.505	N
26	La Rioja	45	Cellorigo	23.411	SE
		62	Foncea	22.269	SE
		63	Fonzaleche	26.613	SE
		65	Galbárruli	26.178	SE
		128	Sajazarra	28.688	SE
		131	San Millán de Yécora	26.709	SSE
		155	Treviana	27.031	SSE
48	Vizcaya	74	Orduña/Urduña	29.413	NNE

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A9.6 y A9.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A9.6 y A9.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) para los años 1985 al 2003. Los datos de los años desde 1971 a 1984 proceden de los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) y de la propia instalación.

Figura A9.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

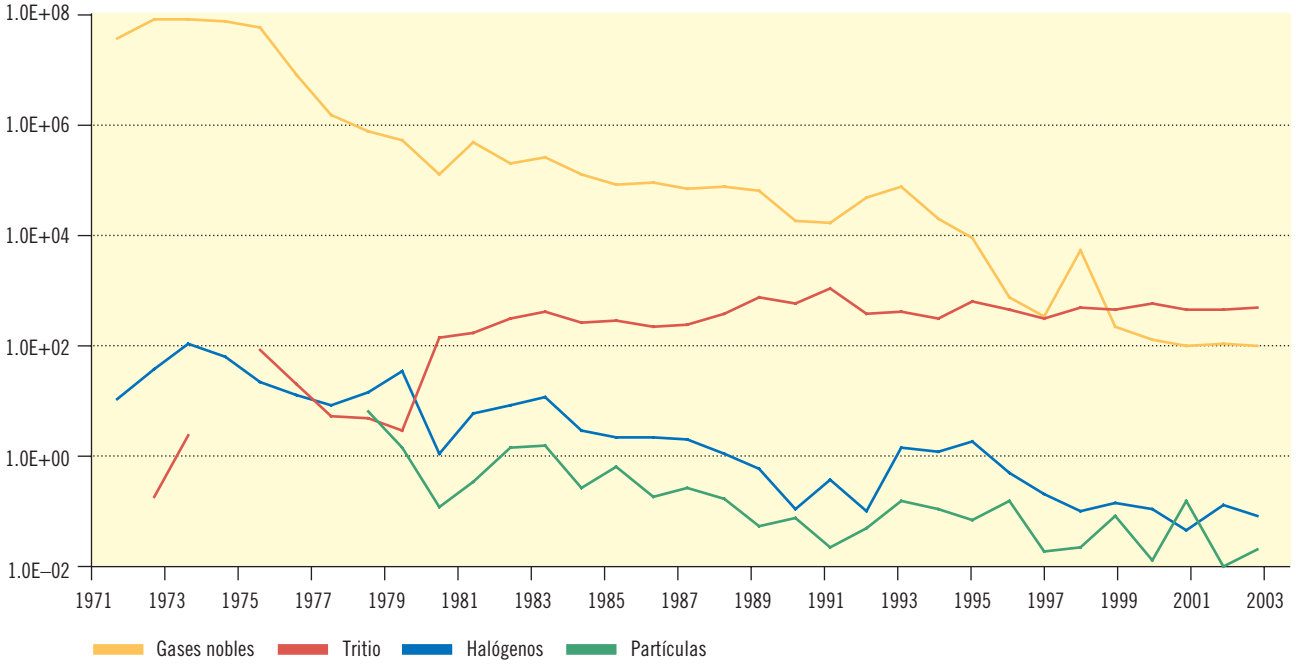


Figura A9.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

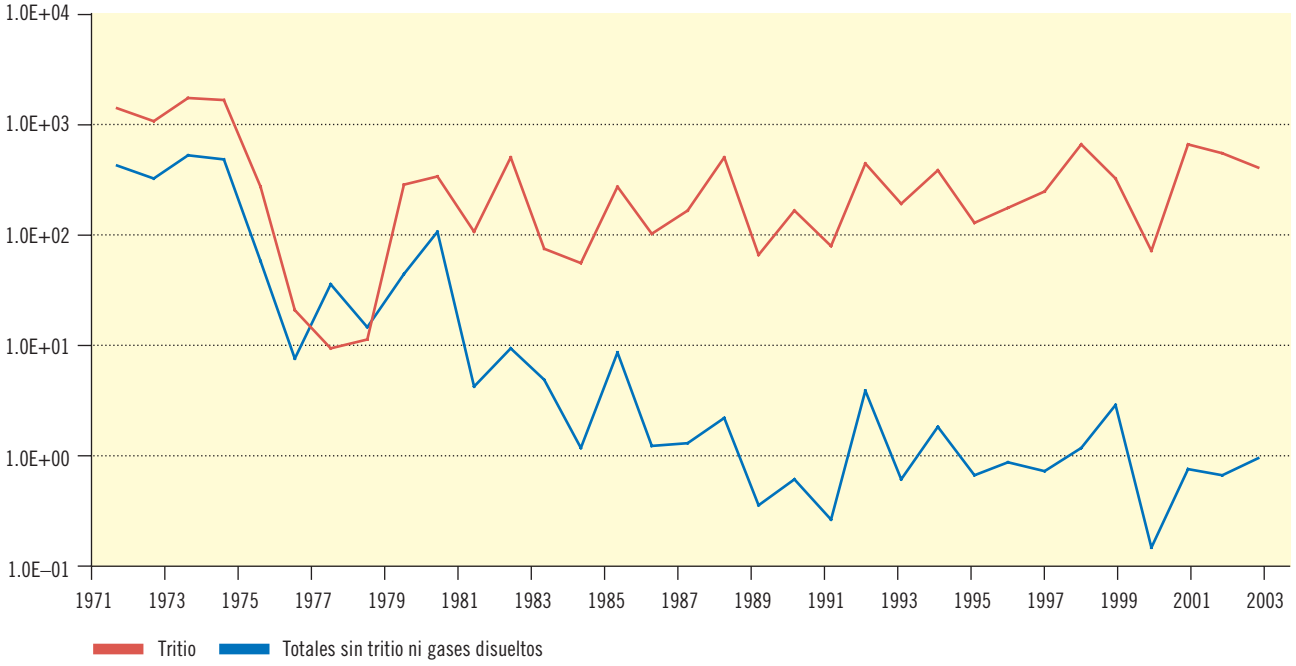


Tabla A9.6 (1/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.07E+09	1.12E+09	9.47E+07	9.99E+07
Co-58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	0.00E+00	1.46E+07
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.89E+06	0.00E+00	2.50E+06
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	0.00E+00	1.40E+08	1.94E+09	0.00E+00	6.85E+10	1.62E+10	4.51E+09	4.09E+09	2.28E+09	1.20E+11	1.44E+11
I-131	9.06E+09	3.03E+10	9.38E+10	5.33E+10	1.84E+10	1.06E+10	6.78E+09	4.17E+09	2.52E+09	2.40E+08	8.01E+08
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.44E+09	1.18E+10	3.93E+08	3.20E+09
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.81E+09	1.47E+10	2.24E+08	7.67E+08
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.97E+13
Kr-85 m	2.46E+15	5.28E+15	5.06E+15	4.83E+15	2.75E+15	9.02E+14	2.82E+14	1.89E+14	1.30E+14	3.74E+13	0.00E+00
Kr-87	5.97E+15	1.28E+16	1.25E+16	1.17E+16	7.33E+15	5.79E+14	1.07E+13	8.15E+12	1.52E+13	3.72E+12	1.73E+13
Kr-88	5.27E+15	1.13E+16	1.09E+16	1.03E+16	7.01E+15	1.23E+15	1.83E+14	1.09E+14	7.29E+13	2.32E+13	2.83E+13
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.29E+06	0.00E+00	7.93E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+08
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.33E+07
Sr-91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	2.11E+15	4.53E+15	4.94E+15	4.14E+15	2.17E+15	2.01E+15	8.19E+14	3.58E+14	2.13E+14	4.37E+13	3.99E+13
Xe-135	5.62E+15	1.21E+16	1.19E+16	1.10E+16	8.32E+15	9.98E+14	3.55E+13	1.66E+13	4.51E+13	8.57E+12	3.24E+13
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+13
Xe-138	1.41E+16	2.94E+16	2.82E+16	2.69E+16	2.58E+16	1.70E+15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.59E+14
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A9.6 (2/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	2.85E+08	7.33E+08	1.04E+08	6.67E+07	3.82E+07	4.20E+07	8.91E+06	5.59E+06	1.75E+06	4.53E+05	1.36E+06
Co-58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.53E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	6.25E+08	1.86E+08	3.49E+07	1.24E+08	3.63E+07	7.50E+07	4.70E+07	1.57E+07	2.59E+07	7.12E+06	2.11E+07
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	7.98E+06	1.20E+06	1.37E+06	2.28E+05	9.00E+04	5.50E+06	1.37E+05	2.80E+05	0.00E+00	1.66E+05
Cs-137	7.42E+07	5.39E+07	6.03E+06	1.29E+07	4.86E+06	5.81E+06	1.36E+07	2.26E+06	1.28E+06	2.56E+06	7.42E+05
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.47E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	2.54E+11	3.36E+11	2.12E+11	2.45E+11	1.85E+11	2.05E+11	3.16E+11	6.29E+11	5.00E+11	8.82E+11	3.13E+11
I-131	4.74E+08	8.82E+08	2.65E+08	1.73E+08	1.36E+08	1.16E+08	1.64E+08	3.18E+07	1.39E+07	3.05E+07	9.53E+06
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	2.21E+09	3.54E+09	9.61E+08	6.61E+08	5.78E+08	5.14E+08	3.00E+08	1.75E+08	5.24E+07	1.59E+08	3.35E+07
I-135	3.93E+09	5.27E+09	1.18E+09	9.80E+08	1.01E+09	9.81E+08	4.13E+08	2.57E+08	1.70E+07	1.16E+08	3.78E+07
Kr-85	0.00E+00	3.10E+11	1.70E+11	5.34E+10	2.59E+11	1.53E+11	6.98E+10	0.00E+00	0.00E+00	2.60E+10	2.16E+11
Kr-85 m	1.31E+13	3.90E+13	1.17E+13	7.16E+12	8.97E+12	8.31E+12	1.35E+13	1.01E+13	1.75E+12	2.21E+12	5.96E+11
Kr-87	3.17E+12	2.77E+12	3.25E+12	2.33E+12	2.25E+12	1.54E+12	1.48E+12	6.64E+11	0.00E+00	0.00E+00	1.82E+12
Kr-88	6.33E+12	1.77E+13	7.06E+12	4.73E+12	4.94E+12	4.98E+12	8.48E+12	7.89E+12	7.62E+10	0.00E+00	1.85E+12
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	8.24E+07	7.71E+07	2.26E+07	8.74E+07	2.96E+07	5.66E+07	4.42E+07	1.04E+07	2.80E+07	1.83E+06	1.31E+07
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	7.59E+07	1.08E+08	2.86E+07	1.54E+07	3.15E+07	2.19E+07	4.77E+06	3.45E+06	2.47E+06	2.79E+06	1.36E+06
Sr-90	1.44E+07	1.99E+07	2.91E+06	1.47E+06	3.60E+06	1.11E+07	3.84E+06	5.16E+06	1.98E+06	1.73E+06	1.40E+06
Sr-91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	5.76E+13	1.17E+14	3.24E+13	2.86E+13	1.33E+13	9.28E+12	1.63E+13	1.54E+13	5.85E+12	9.78E+12	3.40E+12
Xe-135	1.11E+13	5.93E+12	4.83E+12	2.90E+12	3.60E+12	2.05E+12	1.93E+12	1.26E+12	1.82E+12	2.02E+12	1.56E+12
Xe-135 m	1.52E+13	1.08E+13	1.02E+13	5.15E+12	8.62E+12	6.19E+12	5.27E+12	3.28E+12	1.68E+12	5.36E+11	5.92E+12
Xe-138	6.71E+13	4.47E+13	4.21E+13	1.98E+13	3.45E+13	2.58E+13	2.08E+13	1.75E+13	4.74E+12	0.00E+00	2.76E+13
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A9.6 (3/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	1.57E+07	2.24E+07	1.32E+07	3.63E+06	0.00E+00	0.00E+00	2.59E+05	1.50E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	0.00E+00	1.12E+07	5.63E+06	1.72E+06	3.70E+05	5.36E+05	9.44E+05	1.63E+05	6.69E+05	1.26E+05	4.57E+05
Co-60	1.15E+07	3.09E+07	1.64E+07	3.29E+07	9.15E+06	1.01E+07	2.52E+07	2.30E+06	2.99E+07	2.82E+06	6.42E+06
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	1.78E+06	6.30E+07	1.62E+05	0.00E+00	6.14E+06	4.46E+06	1.00E+07	7.25E+05	3.13E+05
Cs-134	3.68E+05	8.61E+04	0.00E+00	3.43E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.39E+06	6.08E+06	5.62E+06	3.24E+06	2.67E+06	1.72E+06	6.22E+06	2.95E+05	7.29E+05	1.67E+05	3.52E+05
Fe-59	0.00E+00	3.46E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.97E+05	1.15E+07	1.59E+05	6.44E+06	0.00E+00	0.00E+00
H-3	3.48E+11	2.73E+11	5.44E+11	3.70E+11	2.64E+11	4.02E+11	3.91E+11	4.74E+11	3.67E+11	3.61E+11	4.00E+11
I-131	1.06E+08	8.36E+07	9.09E+07	3.19E+07	1.08E+07	7.78E+06	8.76E+06	7.48E+06	4.66E+06	8.07E+06	7.88E+06
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.05E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.62E+08	3.68E+08	5.58E+08	1.77E+08	8.27E+07	4.12E+07	5.94E+07	7.49E+07	3.01E+07	5.96E+07	4.24E+07
I-135	6.17E+08	4.88E+08	8.80E+08	1.81E+08	5.20E+07	3.15E+07	4.78E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.69E+07	1.24E+07
Kr-85	3.49E+11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.87E+07	8.33E+07	7.18E+07
Kr-85 m	1.72E+12	3.29E+12	1.89E+12	1.88E+11	1.50E+11	7.83E+11	4.88E+10	1.10E+11	2.82E+09	3.42E+09	2.95E+09
Kr-87	1.64E+12	8.19E+11	6.22E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.17E+09	2.64E+09	2.58E+09
Kr-88	1.76E+12	4.13E+12	1.61E+12	1.00E+11	9.78E+10	4.27E+11	0.00E+00	0.00E+00	3.66E+09	4.59E+09	4.12E+09
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	4.63E+06	1.11E+07	4.52E+06	4.31E+06	9.77E+05	1.99E+06	1.26E+07	1.40E+06	7.16E+07	2.67E+06	3.88E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.80E+05	0.00E+00	2.75E+05	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	9.14E+07	3.86E+06	4.22E+06	3.88E+06	9.69E+05	7.41E+05	6.53E+05	5.10E+05	6.00E+05	7.89E+05	1.46E+06
Sr-90	1.12E+06	1.86E+06	8.91E+05	1.28E+06	5.78E+05	8.37E+05	1.08E+06	2.40E+05	3.92E+05	4.31E+05	1.47E+06
Sr-91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.30E+13	4.65E+12	3.40E+12	2.26E+11	2.57E+10	3.19E+12	1.21E+11	0.00E+00	6.48E+09	7.28E+09	6.65E+09
Xe-135	6.74E+12	2.11E+12	5.03E+11	1.33E+11	2.12E+10	6.79E+10	7.71E+09	0.00E+00	2.37E+10	2.14E+10	1.93E+10
Xe-135 m	1.09E+13	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	3.22E+13	2.15E+12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.39E+10	5.36E+10	4.84E+10
Zn-65	0.00E+00	1.52E+05	2.14E+06	5.11E+06	0.00E+00	5.16E+05	9.64E+05	2.23E+05	2.56E+06	1.72E+05	1.17E+06

Tabla A9.7 (1/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
As-76	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	1.83E+09	1.40E+09	2.30E+09	2.12E+09	1.28E+08	2.25E+08	2.95E+08	1.97E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.11E+07
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.44E+05
Ce-144	3.10E+09	2.37E+09	3.89E+09	3.58E+09	5.90E+08	6.04E+07	1.98E+07	5.61E+08	3.02E+08	4.16E+08	4.85E+06
Co-58	8.04E+09	6.16E+09	1.01E+10	9.30E+09	1.00E+09	5.62E+07	5.40E+07	2.19E+08	7.05E+08	3.07E+08	7.66E+06
Co-60	1.03E+11	7.88E+10	1.29E+11	1.19E+11	1.82E+10	1.49E+09	6.19E+09	5.71E+09	1.00E+10	2.23E+10	1.23E+09
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.60E+08	7.75E+08	1.36E+06
Cs-134	2.59E+10	1.98E+10	3.24E+10	2.99E+10	6.43E+08	5.41E+08	6.80E+09	8.03E+07	2.01E+08	7.65E+09	4.12E+08
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.58E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.45E+10	1.11E+10	1.82E+10	1.68E+10	1.86E+09	7.61E+08	1.17E+10	6.33E+08	1.03E+09	2.16E+10	1.03E+09
Fe-59	1.92E+10	1.47E+10	2.41E+10	2.22E+10	3.76E+09	2.83E+08	3.94E+08	6.23E+08	7.77E+09	9.92E+08	5.11E+07
H-3	1.36E+12	1.04E+12	1.70E+12	1.57E+12	2.59E+11	1.95E+10	8.70E+09	1.05E+10	2.72E+11	3.21E+11	9.98E+10
I-131	2.80E+10	2.15E+10	3.51E+10	3.24E+10	3.12E+07	6.03E+06	1.61E+08	3.24E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.76E+07
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	7.29E+07	5.58E+07	9.13E+07	8.42E+07	1.30E+07	3.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.22E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	1.44E+11	1.10E+11	1.80E+11	1.66E+11	2.56E+10	2.68E+09	6.34E+09	4.61E+09	1.90E+10	4.56E+10	9.14E+08
Mo-99	1.45E+09	1.11E+09	1.82E+09	1.68E+09	1.11E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-101	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	1.08E+09	8.26E+08	1.35E+09	1.25E+09	2.06E+08	1.54E+07	6.90E+06	7.01E+06	5.03E+08	1.31E+08	0.00E+00
Sb-124	2.05E+09	1.57E+09	2.57E+09	2.37E+09	3.91E+08	2.94E+07	1.31E+07	1.20E+08	6.20E+08	1.68E+08	2.50E+07
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.99E+10	1.52E+10	2.49E+10	2.30E+10	9.83E+08	3.77E+08	1.85E+08	1.59E+08	2.31E+08	2.40E+07	2.38E+07
Sr-90	1.94E+10	1.48E+10	2.43E+10	2.24E+10	8.03E+08	2.09E+08	2.08E+08	9.74E+07	2.18E+08	2.64E+08	1.53E+08
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	2.48E+09	1.90E+09	3.11E+09	2.87E+09	5.22E+08	3.93E+07	1.76E+07	8.88E+06	4.79E+08	1.53E+09	5.00E+07
Zn-69 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	1.35E+09	1.04E+09	1.70E+09	1.57E+09	2.59E+08	1.88E+07	6.45E+06	1.38E+07	5.57E+08	6.74E+07	6.59E+05

Tabla A9.7 (2/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.98E+06	1.83E+06	3.57E+06	3.38E+05	2.41E+05	1.06E+05	2.14E+05	8.87E+06
As-76	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.52E+07	0.00E+00	0.00E+00	2.08E+06	0.00E+00
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	3.04E+06	3.46E+06	7.68E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	5.38E+07	6.18E+06	3.86E+06	8.45E+07	8.69E+04	5.76E+05	4.94E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	1.06E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.54E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.05E+08	6.12E+07	2.70E+07	1.02E+08	4.27E+06	2.49E+07	3.76E+07	3.28E+06	1.52E+07	1.13E+06	3.61E+07
Co-60	3.43E+09	2.28E+09	4.05E+08	2.67E+09	2.07E+08	6.38E+08	8.22E+08	9.23E+07	2.38E+08	7.10E+07	1.48E+09
Cr-51	1.33E+07	3.69E+07	7.88E+07	3.29E+07	5.18E+06	8.61E+06	1.24E+08	3.01E+07	2.09E+06	2.57E+06	2.72E+07
Cs-134	9.69E+07	6.44E+07	1.33E+07	3.93E+08	1.36E+08	1.17E+07	3.15E+07	2.29E+07	6.26E+06	1.01E+07	5.93E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.35E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	7.52E+08	3.89E+08	1.36E+08	1.87E+09	6.35E+08	1.28E+08	2.14E+08	9.80E+07	4.24E+07	9.67E+07	1.27E+08
Fe-59	1.94E+08	1.00E+08	2.84E+07	2.16E+08	2.39E+06	1.28E+07	5.72E+07	3.07E+06	1.21E+07	2.17E+05	1.54E+08
H-3	4.75E+11	6.95E+10	5.26E+10	2.54E+11	9.77E+10	1.56E+11	4.87E+11	6.11E+10	1.56E+11	7.36E+10	4.26E+11
I-131	4.67E+08	6.80E+06	5.39E+06	7.25E+06	1.37E+05	1.26E+06	1.27E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.33E+05
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.21E+04	4.07E+05	4.73E+05	0.00E+00	0.00E+00	4.91E+04	4.83E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.89E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	9.38E+06	4.74E+06	1.48E+04	1.05E+05	7.77E+05	6.93E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.20E+05	0.00E+00
Mn-54	2.88E+09	1.29E+09	3.17E+08	2.17E+09	1.18E+08	3.10E+08	5.14E+08	6.08E+07	2.11E+08	4.39E+07	1.61E+09
Mo-99	0.00E+00	5.18E+05	7.40E+04	2.22E+04	0.00E+00	1.41E+05	3.28E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.67E+05	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	2.86E+07	1.33E+07	2.34E+06	4.25E+07	2.65E+05	3.27E+05	3.49E+05	3.11E+05	1.85E+04	3.72E+04	1.01E+06
Ru-101	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	3.62E+08	1.01E+07	3.07E+06	5.01E+07	1.86E+05	3.77E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	6.80E+07	1.90E+07	6.06E+06	3.80E+07	2.43E+05	1.33E+06	3.89E+06	3.25E+05	2.38E+05	0.00E+00	1.03E+07
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.23E+07	5.15E+06	4.83E+06	5.89E+06	2.43E+06	2.10E+06	1.53E+07	7.41E+05	8.28E+05	2.08E+05	5.73E+05
Sr-90	2.32E+07	2.13E+07	9.56E+06	2.13E+07	3.76E+06	1.07E+07	2.61E+07	3.26E+06	1.12E+07	2.41E+06	3.89E+06
Tc-99 m	0.00E+00	1.41E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.45E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.11E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.44E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	9.96E+07	7.63E+07	2.11E+07	5.93E+07	2.62E+06	8.33E+06	9.52E+06	9.87E+05	1.66E+06	0.00E+00	6.42E+06
Zn-69 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	1.11E+08	2.92E+06	1.07E+05	2.71E+07	5.36E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A9.7 (3/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	0.00E+00	7.78E+05	1.93E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+06	6.07E+04	0.00E+00	7.21E+05	0.00E+00
As-76	0.00E+00	0.00E+00	6.33E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.04E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.29E+06	6.97E+05	2.95E+05
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	6.70E+05	0.00E+00	2.29E+06	8.37E+05	3.06E+06	5.41E+07	1.57E+06	0.00E+00	3.67E+06	1.92E+06
Ce-141	0.00E+00	5.30E+05	3.98E+04	4.61E+05	0.00E+00	2.36E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	3.25E+06	1.63E+06	1.06E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.82E+05	0.00E+00
Co-58	6.87E+06	2.44E+07	2.38E+06	1.50E+07	1.15E+07	3.97E+06	6.62E+07	5.92E+05	8.58E+06	8.87E+06	1.93E+07
Co-60	2.34E+08	8.22E+08	3.47E+08	3.80E+08	3.33E+08	6.07E+08	5.41E+08	3.47E+07	1.49E+08	2.20E+08	2.92E+08
Cr-51	7.51E+06	1.96E+07	1.55E+07	3.88E+07	1.14E+07	4.59E+07	1.87E+08	1.59E+07	8.70E+07	3.85E+07	6.54E+07
Cs-134	4.02E+06	8.53E+06	5.04E+06	2.33E+06	8.25E+05	2.28E+06	2.39E+07	1.56E+06	1.92E+06	1.26E+07	4.36E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	6.86E+07	1.84E+08	1.10E+08	1.38E+08	1.40E+08	2.06E+08	1.47E+08	1.55E+07	1.18E+07	9.64E+07	1.06E+08
Fe-59	3.05E+07	8.81E+07	5.45E+05	3.00E+07	1.31E+07	3.25E+07	4.43E+08	3.90E+06	4.51E+07	8.57E+06	1.82E+07
H-3	1.77E+11	3.71E+11	1.21E+11	1.65E+11	2.31E+11	6.28E+11	3.09E+11	6.69E+10	6.27E+11	5.21E+11	3.81E+11
I-131	0.00E+00	7.76E+04	1.73E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+05	2.29E+04	1.84E+05	4.06E+06
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.46E+05	0.00E+00
I-133	3.19E+04	0.00E+00	3.85E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+06	4.52E+05
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.96E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	3.21E+05	4.19E+06	0.00E+00	7.76E+04	2.05E+06	0.00E+00	1.88E+04	2.41E+05	1.55E+06	3.74E+06
Mn-54	1.95E+08	4.56E+08	7.38E+07	1.35E+08	1.31E+08	1.36E+08	1.07E+09	5.59E+07	3.59E+08	1.68E+08	2.59E+08
Mo-99	0.00E+00	1.45E+06	2.22E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.92E+05	0.00E+00	4.80E+04	1.80E+05	3.45E+06	0.00E+00
Na-24	3.70E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.63E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	5.21E+05	1.79E+06	0.00E+00	2.38E+05	2.32E+05	0.00E+00	4.61E+04	0.00E+00	0.00E+00	4.39E+05	1.87E+06
Ru-101	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	2.19E+06	8.38E+06	1.85E+04	2.58E+06	1.47E+06	4.85E+05	1.88E+07	4.00E+05	2.26E+06	1.26E+06	1.40E+06
Sb-125	0.00E+00	7.31E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.79E+06	3.52E+05	1.86E+05	1.83E+05	0.00E+00
Sr-89	8.18E+05	1.60E+05	9.97E+05	5.45E+05	1.87E+05	5.62E+05	1.98E+05	0.00E+00	1.98E+05	3.19E+05	5.04E+05
Sr-90	2.77E+06	4.06E+06	6.28E+06	5.38E+06	3.51E+06	8.74E+06	6.67E+06	9.22E+05	3.65E+06	2.77E+06	6.43E+06
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	8.19E+06	1.52E+05	4.58E+04	1.95E+06	7.98E+03	6.54E+04	4.63E+06	9.66E+06	2.59E+06
Xe-133	9.37E+05	0.00E+00	9.36E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	5.86E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.49E+07	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	1.47E+06	1.09E+07	9.86E+05	1.28E+07	2.43E+06	2.85E+06	3.46E+07	1.13E+06	1.72E+07	6.83E+06	4.81E+07
Zn-69 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.14E+05
Zr-95	0.00E+00	5.27E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A9.8. Factores de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Álava				
Armiñón	6.400E-08	4.900E-08	4.800E-08	6.400E-11
Kuartango	5.300E-08	4.000E-08	3.700E-08	6.600E-11
Ribera Alta	8.40E-08	6.70E-08	6.20E-08	9.900E-11
Ribera Baja/Erribera Beitia	7.70E-08	6.00E-08	5.90E-08	8.000E-11
Añana-Salinas de Añana	1.300E-07	1.100E-07	9.800E-08	1.600E-10
Valdegovía	1.30E-07	1.10E-07	1.10E-07	1.200E-10
Zambrana	5.90E-08	4.40E-08	4.40E-08	5.800E-11
Lantarón	9.800E-08	7.900E-08	7.800E-08	1.100E-10
Burgos				
Aguas Cándidas	1.600E-08	1.200E-08	1.200E-08	9.300E-12
Aguilar de Bureba	2.600E-08	2.000E-08	1.900E-08	2.700E-11
Altable	5.400E-08	4.200E-08	4.000E-08	5.400E-11
Ameyugo	9.600E-08	8.000E-08	7.700E-08	1.200E-10
Barrios de Bureba	2.300E-08	1.800E-08	1.800E-08	2.400E-11
Berberana	6.300E-08	4.900E-08	4.600E-08	5.300E-11
Berzosa de Bureba	3.900E-08	3.100E-08	3.000E-08	4.500E-11
Bozóo	2.300E-07	2.000E-07	2.000E-07	2.900E-10
Briviesca	2.100E-08	1.500E-08	1.400E-08	2.100E-11
Bugedo	7.800E-08	6.300E-08	6.000E-08	9.000E-11
Busto de Bureba	5.300E-08	4.400E-08	4.200E-08	6.400E-11
Cantabrana	2.000E-08	1.500E-08	1.500E-08	1.200E-11
Cascajares de Bureba	7.100E-08	6.200E-08	5.900E-08	9.100E-11
Cillaperlata	2.700E-08	2.300E-08	2.500E-08	2.100E-11
Cubo de Bureba	7.800E-08	6.400E-08	6.300E-08	7.100E-11
Encío	1.200E-07	1.000E-07	9.900E-08	1.500E-10
Frías	8.700E-08	7.900E-08	8.000E-08	7.400E-11
Fuentebureba	7.200E-08	5.900E-08	5.700E-08	6.400E-11
Grisaleña	2.900E-08	2.300E-08	2.100E-08	3.200E-11
Junta de Villalba de Losa	4.500E-08	3.500E-08	3.400E-08	2.700E-11
Jurisdicción de San Zadornil	1.600E-07	1.400E-07	1.400E-07	1.200E-10
Llano de Bureba	1.700E-08	1.200E-08	1.200E-08	1.600E-11
Medina de Pomar	3.000E-08	2.200E-08	2.300E-08	3.500E-11
Merindad de Cuesta-Urria	4.500E-08	3.700E-08	3.700E-08	7.700E-11
Merindad de Valdivielso	2.600E-08	2.000E-08	2.000E-08	4.000E-11
Miranda de Ebro	8.30E-08	6.60E-08	6.50E-08	8.800E-11
Miraveche	1.20E-07	1.00E-07	9.90E-08	1.100E-10
Navas de Bureba	4.00E-08	3.30E-08	3.20E-08	4.400E-11
Oña	2.70E-08	2.10E-08	2.10E-08	1.700E-11
Padrones de Bureba	1.40E-08	9.80E-09	1.00E-08	7.800E-12
Pancorbo	7.30E-08	6.10E-08	5.70E-08	7.900E-11
Partido de la Sierra en Tobalina	1.30E-07	1.20E-07	1.20E-07	2.000E-10
Piérnigas	1.70E-08	1.20E-08	1.20E-08	1.600E-11
Poza de la Sal	1.50E-08	1.00E-08	1.10E-08	8.200E-12
Quintanabureba	2.30E-08	1.70E-08	1.60E-08	2.400E-11
Quintanaélez	5.10E-08	4.30E-08	4.10E-08	6.300E-11
Quintanilla San García	3.70E-08	2.70E-08	2.70E-08	2.900E-11
Rojas	1.50E-08	1.00E-08	1.00E-08	1.300E-11
Rucandio	1.70E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.300E-11
Salas de Bureba	1.80E-08	1.30E-08	1.30E-08	1.000E-11
Salinillas de Bureba	1.90E-08	1.30E-08	1.30E-08	1.800E-11
Santa Gadea del Cid	1.70E-07	1.50E-07	1.50E-07	2.100E-10
Santa María Ribarredonda	7.90E-08	6.50E-08	6.40E-08	7.200E-11
Trespaderne	5.90E-08	5.10E-08	5.10E-08	1.100E-10
Vallarta de Bureba	4.90E-08	3.80E-08	3.70E-08	4.100E-11
Valle de Tobalina	1.10E-07	1.10E-07	1.10E-07	2.400E-10
Valluércanes	4.80E-08	3.70E-08	3.50E-08	4.800E-11
Vid de Bureba (La)	3.60E-08	2.80E-08	2.70E-08	4.100E-11
Vileña	3.20E-08	2.50E-08	2.40E-08	3.600E-11
Villanueva de Teba	9.70E-08	8.30E-08	7.80E-08	1.100E-10
Zuñeda	5.60E-08	4.40E-08	4.30E-08	4.800E-11
Valle de Losa	3.30E-08	2.40E-08	2.40E-08	1.800E-11
La Rioja				
Cellorigo	6.500E-08	5.100E-08	4.900E-08	7.200E-11
Foncea	7.000E-08	5.600E-08	5.300E-08	7.900E-11
Fonzaleche	5.500E-08	4.200E-08	4.000E-08	5.800E-11
Galbárruli	5.600E-08	4.300E-08	4.100E-08	6.000E-11
Sajazarra	5.00E-08	3.70E-08	3.60E-08	5.100E-11
San Millán de Yécora	4.00E-08	3.00E-08	2.80E-08	3.800E-11
Treviana	3.90E-08	3.00E-08	2.80E-08	3.700E-11
Vizcaya				
Urduña-Orduña	2.70E-08	1.90E-08	1.90E-08	1.500E-11

Tabla A9.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	144	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	72	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	9.78E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

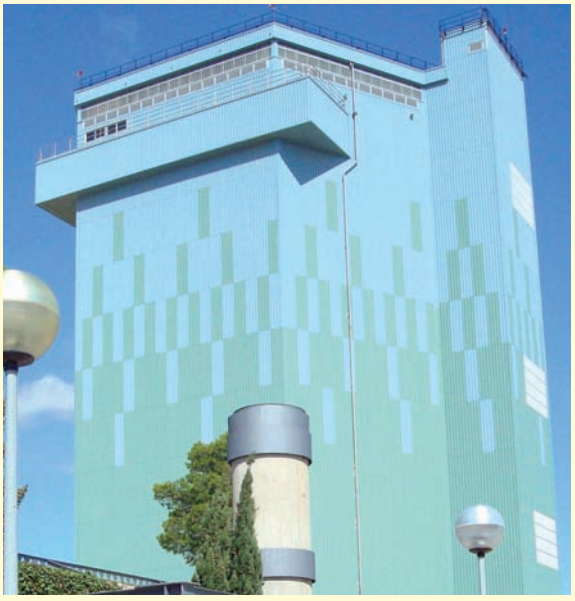
CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo X: Central nuclear Vandellós I



Provincia:	Tarragona
Tecnología:	GCR-UNGG EdF
Potencia:	479 MWe (1.500 MWt)
Comienzo de la operación:	Marzo de 1972
Energía eléctrica producida hasta el 19 de octubre de 1989:	55,6 TWh (6,35 GW x año)

La instalación nuclear Vandellós I está situada en el término municipal de Vandellós (Tarragona). Operó como central nuclear de grafito-uranio natural refrigerada por gas (CO_2) entre los años 1972 y 1995 con una potencia eléctrica de 480 MWt. Finalizada su explotación comercial, tras el incendio ocurrido el 19 de octubre de 1989, se inició su desmantelamiento parcial en virtud de la Orden Ministerial de 28 de enero de 1998.

La Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio autorizó, el 17 de enero de 2005, el comienzo de la fase de latencia de la instalación nuclear.

Se presentan a continuación los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Vandellós I desde su entrada en funcionamiento (1972) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km, vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A10.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear Vandellós I se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Tarragona (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento y las particularidades de la zona referente al consumo de alimentos del mar Mediterráneo en el entorno de los 30 km de radio.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A10.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran en el entorno de 30 km de la instalación y son ribereños del mar Mediterráneo. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el mar baña el término municipal.
- En estos municipios sólo se consideran como vías de ingestión las correspondientes a los animales marinos: pescado de mar y marisco.
- El agua dulce no está contaminada, al ser la descarga directamente al mar, por lo que se eliminan las vías de agua potable y agua de bebida de consumo animal, así como la contaminación de los productos irrigados (vegetales de consumo humano y pasto).

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

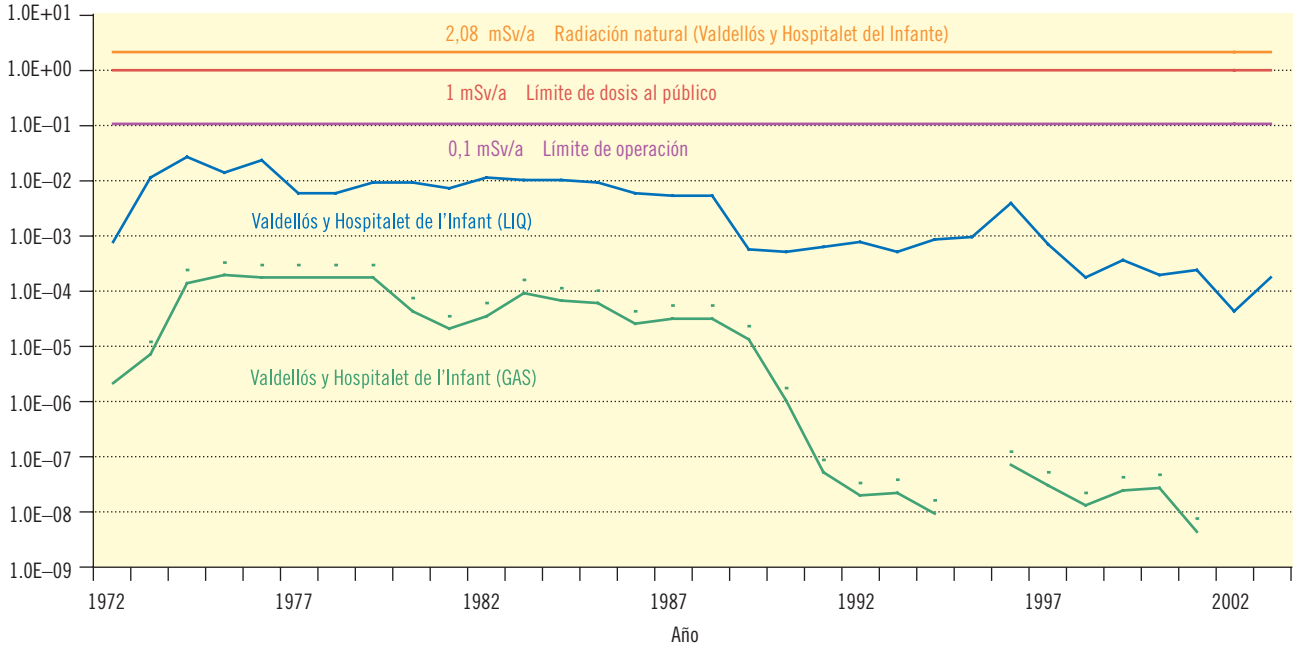
Tabla A10.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

	Vías de exposición			
Municipios	Exposición orillas	Pescado mar	Marisco	Resto de vías
L'Ametlla de Mar, Cambrils, Mont-Roig del Campo, El Perelló, Vandellós y Hospitalet del Infante, Deltebre, San Jaime de Enveja, Camarles, Salou, L'Ampolla	✓	✓	✓	—
Resto	—	—	—	—

Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y el volumen de agua de mar correspondiente a una franja de mezcla de 367 m desde la costa.

En la figura A10.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas. En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en las poblaciones de Vandellós y Hospitalet del Infant.

Figura A10.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A10.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de central nuclear Vandellós I.

En la figura A10.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Vandellós y Hospitalet del'Infant en el último año completo de operación de la instalación (año 1988) desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A10.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos junto con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A10.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A10.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el municipio de mayor dosis acumulada es L'Ametlla de Mar (1.79E-1 mSv) y el de menor es Torroja del Priorato (6.96E-3 mSv).

Finalmente, la figura A10.5 y la tabla A10.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis

acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A10.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Ametlla de Mar (L')	7.56E-04	1.08E-02	2.59E-02	1.39E-02	2.30E-02	6.30E-03	6.28E-03	8.73E-03	8.65E-03	7.12E-03
Argentera (L')	3.59E-07	1.09E-06	2.30E-05	2.94E-05	2.68E-05	2.79E-05	2.69E-05	2.65E-05	7.02E-06	3.20E-06
Bellmunt del Priorat	2.96E-07	8.36E-07	2.07E-05	2.65E-05	2.42E-05	2.53E-05	2.43E-05	2.40E-05	6.34E-06	2.80E-06
Benifallet	3.13E-07	8.53E-07	2.29E-05	2.94E-05	2.68E-05	2.80E-05	2.69E-05	2.66E-05	7.02E-06	3.10E-06
Benissanet	2.99E-07	8.50E-07	2.07E-05	2.65E-05	2.42E-05	2.53E-05	2.43E-05	2.40E-05	6.34E-06	2.80E-06
Borges del Camp (Les)	4.33E-07	1.19E-06	3.13E-05	4.01E-05	3.66E-05	3.82E-05	3.68E-05	3.63E-05	9.59E-06	4.24E-06
Botarell	4.09E-07	1.22E-06	2.66E-05	3.40E-05	3.11E-05	3.24E-05	3.12E-05	3.07E-05	8.14E-06	3.70E-06
Cambrils	7.53E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.07E-03	6.06E-03	8.51E-03	8.59E-03	7.09E-03
Capçanes	3.32E-07	1.05E-06	2.00E-05	2.54E-05	2.32E-05	2.42E-05	2.33E-05	2.30E-05	6.08E-06	2.78E-06
Colldejou	5.50E-07	1.65E-06	3.57E-05	4.56E-05	4.16E-05	4.34E-05	4.18E-05	4.12E-05	1.09E-05	4.93E-06
Duesaigües	4.32E-07	1.29E-06	2.82E-05	3.61E-05	3.29E-05	3.43E-05	3.31E-05	3.26E-05	8.62E-06	3.92E-06
Falset	3.57E-07	1.02E-06	2.46E-05	3.16E-05	2.88E-05	3.00E-05	2.89E-05	2.85E-05	7.55E-06	3.33E-06
Garcia	3.87E-07	1.00E-06	3.00E-05	3.86E-05	3.52E-05	3.68E-05	3.54E-05	3.49E-05	9.23E-06	4.09E-06
Ginestar	3.08E-07	8.78E-07	2.13E-05	2.73E-05	2.49E-05	2.59E-05	2.50E-05	2.46E-05	6.52E-06	2.88E-06
Gratallops	2.59E-07	7.23E-07	1.84E-05	2.37E-05	2.16E-05	2.25E-05	2.17E-05	2.14E-05	5.65E-06	2.50E-06
Guiamets (Els)	2.92E-07	9.26E-07	1.74E-05	2.22E-05	2.02E-05	2.11E-05	2.03E-05	2.00E-05	5.30E-06	2.44E-06
Lloar (El)	2.59E-07	7.23E-07	1.84E-05	2.37E-05	2.16E-05	2.25E-05	2.17E-05	2.14E-05	5.65E-06	2.50E-06
Marçà	4.00E-07	1.15E-06	2.75E-05	3.52E-05	3.21E-05	3.35E-05	3.22E-05	3.18E-05	8.40E-06	3.71E-06
Maspujols	3.93E-07	1.08E-06	2.85E-05	3.65E-05	3.33E-05	3.48E-05	3.35E-05	3.30E-05	8.73E-06	3.86E-06
Masroig (El)	3.48E-07	9.91E-07	2.41E-05	3.08E-05	2.81E-05	2.94E-05	2.83E-05	2.79E-05	7.37E-06	3.26E-06
Miravet	2.65E-07	7.51E-07	1.85E-05	2.37E-05	2.16E-05	2.25E-05	2.17E-05	2.14E-05	5.66E-06	2.50E-06
Molar (El)	2.68E-07	7.51E-07	1.90E-05	2.44E-05	2.22E-05	2.32E-05	2.23E-05	2.20E-05	5.83E-06	2.57E-06
Montbrió del Camp	4.41E-07	1.32E-06	2.87E-05	3.67E-05	3.35E-05	3.50E-05	3.37E-05	3.32E-05	8.78E-06	3.99E-06
Mont-Roig del Camp	7.54E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.09E-03	6.08E-03	8.53E-03	8.60E-03	7.10E-03
Móra d'Ebre	4.46E-07	1.16E-06	3.45E-05	4.44E-05	4.04E-05	4.22E-05	4.07E-05	4.01E-05	1.06E-05	4.69E-06
Móra la Nova	4.46E-07	1.16E-06	3.45E-05	4.44E-05	4.04E-05	4.22E-05	4.07E-05	4.01E-05	1.06E-05	4.69E-06
Perelló (El)	7.54E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.10E-03	6.09E-03	8.54E-03	8.60E-03	7.10E-03
Porrera	2.34E-07	7.11E-07	1.48E-05	1.89E-05	1.73E-05	1.80E-05	1.74E-05	1.71E-05	4.53E-06	2.10E-06
Pradell de la Teixeta	4.48E-07	1.25E-06	3.19E-05	4.09E-05	3.73E-05	3.89E-05	3.75E-05	3.69E-05	9.77E-06	4.32E-06
Pratdip	1.23E-06	3.54E-06	8.41E-05	1.08E-04	9.82E-05	1.02E-04	9.87E-05	9.72E-05	2.57E-05	1.14E-05
Rasquera	2.83E-07	8.07E-07	1.96E-05	2.51E-05	2.29E-05	2.39E-05	2.30E-05	2.27E-05	6.00E-06	2.65E-06
Riudecanyes	4.65E-07	1.38E-06	3.03E-05	3.88E-05	3.54E-05	3.69E-05	3.56E-05	3.50E-05	9.27E-06	4.20E-06
Riudecols	4.76E-07	1.32E-06	3.41E-05	4.37E-05	3.99E-05	4.16E-05	4.01E-05	3.95E-05	1.05E-05	4.62E-06
Riudoms	5.09E-07	1.31E-06	3.95E-05	5.08E-05	4.63E-05	4.84E-05	4.66E-05	4.59E-05	1.21E-05	5.38E-06
Tivissa	1.82E-07	7.32E-07	6.06E-06	7.48E-06	6.87E-06	7.08E-06	6.85E-06	6.69E-06	1.79E-06	1.29E-06
Torre de Fontaubella (La)	4.23E-07	1.28E-06	2.72E-05	3.47E-05	3.17E-05	3.30E-05	3.18E-05	3.14E-05	8.30E-06	3.77E-06
Torroja del Priorat	1.24E-07	4.10E-07	6.92E-06	8.79E-06	8.03E-06	8.35E-06	8.05E-06	7.92E-06	2.10E-06	1.01E-06
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	7.55E-04	1.08E-02	2.58E-02	1.38E-02	2.29E-02	6.19E-03	6.18E-03	8.63E-03	8.62E-03	7.11E-03

Tabla A10.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Vilanova d'Escornalbou	5.77E-07	1.72E-06	3.78E-05	4.84E-05	4.42E-05	4.60E-05	4.44E-05	4.37E-05	1.16E-05	5.22E-06
Vila-Seca	4.35E-07	1.11E-06	3.39E-05	4.36E-05	3.98E-05	4.15E-05	4.00E-05	3.95E-05	1.04E-05	4.62E-06
Vinyols i Els Arcs	4.45E-07	1.21E-06	3.28E-05	4.21E-05	3.84E-05	4.00E-05	3.86E-05	3.80E-05	1.01E-05	4.56E-06
Deltebre	7.54E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.10E-03	6.09E-03	8.54E-03	8.60E-03	7.10E-03
Sant Jaume d'Enveja	7.55E-04	1.08E-02	2.58E-02	1.38E-02	2.29E-02	6.21E-03	6.19E-03	8.64E-03	8.63E-03	7.11E-03
Camarles	7.53E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.03E-03	6.03E-03	8.48E-03	8.58E-03	7.09E-03
Salou	7.53E-04	1.08E-02	2.57E-02	1.37E-02	2.28E-02	6.07E-03	6.06E-03	8.51E-03	8.59E-03	7.09E-03
Ampolla (L')	7.54E-04	1.08E-02	2.58E-02	1.38E-02	2.29E-02	6.16E-03	6.15E-03	8.60E-03	8.61E-03	7.11E-03

Tabla A10.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Ametlla de Mar (L')	1.05E-02	1.03E-02	1.03E-02	9.28E-03	5.64E-03	5.39E-03	5.26E-03	5.96E-04	5.19E-04	6.03E-04
Argentera (L')	5.62E-06	1.44E-05	9.78E-06	9.52E-06	3.72E-06	5.15E-06	4.82E-06	2.19E-06	1.58E-07	8.09E-09
Bellmunt del Priorat	4.91E-06	1.23E-05	8.32E-06	8.07E-06	3.21E-06	4.66E-06	4.35E-06	1.94E-06	1.42E-07	4.92E-09
Benifallet	5.44E-06	1.36E-05	9.22E-06	8.94E-06	3.55E-06	5.16E-06	4.81E-06	2.13E-06	1.57E-07	4.34E-09
Benissanet	4.91E-06	1.23E-05	8.32E-06	8.07E-06	3.21E-06	4.66E-06	4.35E-06	1.94E-06	1.42E-07	5.13E-09
Borges del Camp (Les)	7.43E-06	1.86E-05	1.26E-05	1.22E-05	4.85E-06	7.05E-06	6.57E-06	2.91E-06	2.14E-07	6.35E-09
Botarell	6.49E-06	1.66E-05	1.13E-05	1.10E-05	4.29E-06	5.97E-06	5.58E-06	2.53E-06	1.83E-07	8.77E-09
Cambrils	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.20E-03	5.61E-03	5.35E-03	5.22E-03	5.78E-04	5.18E-04	6.03E-04
Capçanes	4.89E-06	1.26E-05	8.53E-06	8.30E-06	3.24E-06	4.46E-06	4.18E-06	1.92E-06	1.38E-07	8.65E-09
Colldejou	8.64E-06	2.20E-05	1.49E-05	1.45E-05	5.70E-06	8.01E-06	7.49E-06	3.39E-06	2.46E-07	1.19E-08
Duesaigües	6.87E-06	1.76E-05	1.19E-05	1.16E-05	4.54E-06	6.33E-06	5.92E-06	2.68E-06	1.94E-07	9.22E-09
Falset	5.84E-06	1.46E-05	9.90E-06	9.60E-06	3.81E-06	5.54E-06	5.17E-06	2.31E-06	1.69E-07	6.23E-09
Garcia	7.16E-06	1.79E-05	1.21E-05	1.18E-05	4.67E-06	6.80E-06	6.32E-06	2.76E-06	2.05E-07	3.85E-09
Ginestar	5.04E-06	1.26E-05	8.55E-06	8.29E-06	3.29E-06	4.79E-06	4.47E-06	2.00E-06	1.46E-07	5.34E-09
Gratallops	4.38E-06	1.09E-05	7.42E-06	7.20E-06	2.86E-06	4.16E-06	3.87E-06	1.72E-06	1.26E-07	4.05E-09
Guiamets (Els)	4.28E-06	1.11E-05	7.50E-06	7.30E-06	2.84E-06	3.88E-06	3.64E-06	1.68E-06	1.20E-07	7.77E-09
Lloar (El)	4.38E-06	1.09E-05	7.42E-06	7.20E-06	2.86E-06	4.16E-06	3.87E-06	1.72E-06	1.26E-07	4.05E-09
Marçà	6.50E-06	1.63E-05	1.10E-05	1.07E-05	4.25E-06	6.18E-06	5.76E-06	2.58E-06	1.88E-07	7.11E-09
Maspujols	6.76E-06	1.69E-05	1.15E-05	1.11E-05	4.42E-06	6.42E-06	5.98E-06	2.65E-06	1.95E-07	5.67E-09
Masroig (El)	5.70E-06	1.43E-05	9.67E-06	9.38E-06	3.73E-06	5.42E-06	5.05E-06	2.26E-06	1.65E-07	6.01E-09
Miravet	4.38E-06	1.09E-05	7.42E-06	7.20E-06	2.86E-06	4.16E-06	3.88E-06	1.73E-06	1.27E-07	4.46E-09
Molar (El)	4.51E-06	1.13E-05	7.65E-06	7.42E-06	2.95E-06	4.28E-06	3.99E-06	1.78E-06	1.30E-07	4.27E-09
Montbrió del Camp	7.00E-06	1.79E-05	1.21E-05	1.18E-05	4.62E-06	6.45E-06	6.03E-06	2.73E-06	1.98E-07	9.44E-09
Mont-Roig del Camp	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.21E-03	5.61E-03	5.36E-03	5.23E-03	5.80E-04	5.18E-04	6.03E-04
Móra d'Ebre	8.22E-06	2.06E-05	1.39E-05	1.35E-05	5.36E-06	7.80E-06	7.25E-06	3.17E-06	2.36E-07	4.56E-09
Móra la Nova	8.22E-06	2.06E-05	1.39E-05	1.35E-05	5.36E-06	7.80E-06	7.25E-06	3.17E-06	2.36E-07	4.55E-09
Perelló (El)	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.22E-03	5.62E-03	5.36E-03	5.23E-03	5.81E-04	5.18E-04	6.03E-04
Porrera	3.69E-06	9.56E-06	6.48E-06	6.31E-06	2.45E-06	3.32E-06	3.11E-06	1.41E-06	1.02E-07	5.44E-09
Pradell de la Teixeta	7.56E-06	1.89E-05	1.28E-05	1.24E-05	4.94E-06	7.18E-06	6.69E-06	2.97E-06	2.18E-07	6.98E-09
Pratdip	1.99E-05	4.98E-05	3.37E-05	3.27E-05	1.30E-05	1.89E-05	1.76E-05	7.90E-06	5.77E-07	2.22E-08

Tabla A10.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Rasquera	4.64E-06	1.16E-05	7.87E-06	7.64E-06	3.03E-06	4.41E-06	4.11E-06	1.84E-06	1.34E-07	4.90E-09
Riudecanyes	7.37E-06	1.88E-05	1.28E-05	1.24E-05	4.86E-06	6.80E-06	6.36E-06	2.88E-06	2.09E-07	9.89E-09
Riudecols	8.09E-06	2.02E-05	1.37E-05	1.33E-05	5.28E-06	7.68E-06	7.16E-06	3.18E-06	2.34E-07	7.22E-09
Riudoms	9.42E-06	2.35E-05	1.60E-05	1.55E-05	6.14E-06	8.94E-06	8.31E-06	3.63E-06	2.70E-07	5.06E-09
Tivissa	2.32E-06	7.56E-06	5.10E-06	5.10E-06	1.73E-06	1.28E-06	1.25E-06	6.85E-07	4.32E-08	9.91E-09
Torre de Fontaubella (La)	6.62E-06	1.69E-05	1.15E-05	1.12E-05	4.37E-06	6.09E-06	5.70E-06	2.59E-06	1.87E-07	9.41E-09
Torroja del Priorat	1.78E-06	4.76E-06	3.22E-06	3.15E-06	1.20E-06	1.54E-06	1.45E-06	6.79E-07	4.79E-08	3.82E-09
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	1.05E-02	1.03E-02	1.03E-02	9.25E-03	5.63E-03	5.37E-03	5.24E-03	5.88E-04	5.18E-04	6.03E-04
Vilanova d'Escornalbou	9.15E-06	2.33E-05	1.58E-05	1.53E-05	6.03E-06	8.49E-06	7.94E-06	3.59E-06	2.60E-07	1.21E-08
Vila-Seca	8.09E-06	2.02E-05	1.37E-05	1.33E-05	5.28E-06	7.68E-06	7.14E-06	3.12E-06	2.32E-07	4.12E-09
Vinyols i Els Arcs	8.01E-06	2.04E-05	1.38E-05	1.34E-05	5.27E-06	7.39E-06	6.89E-06	3.04E-06	2.24E-07	6.21E-09
Deltebre	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.22E-03	5.62E-03	5.36E-03	5.23E-03	5.81E-04	5.18E-04	6.03E-04
Sant Jaume d'Enveja	1.05E-02	1.03E-02	1.03E-02	9.25E-03	5.63E-03	5.38E-03	5.25E-03	5.88E-04	5.19E-04	6.03E-04
Camarles	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.19E-03	5.61E-03	5.35E-03	5.22E-03	5.76E-04	5.18E-04	6.03E-04
Salou	1.05E-02	1.02E-02	1.02E-02	9.20E-03	5.61E-03	5.35E-03	5.22E-03	5.78E-04	5.18E-04	6.03E-04
Ampolla (L')	1.05E-02	1.03E-02	1.02E-02	9.23E-03	5.62E-03	5.37E-03	5.24E-03	5.85E-04	5.18E-04	6.03E-04

Tabla A10.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ametlla de Mar (L')	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Argentera (L')	3.07E-09	3.42E-09	1.52E-09	0.00E+00	1.13E-08	5.00E-09	2.05E-09	4.20E-09	4.52E-09	7.37E-10
Bellmunt del Priorat	1.85E-09	2.07E-09	9.28E-10	0.00E+00	6.91E-09	3.05E-09	1.25E-09	2.56E-09	2.74E-09	4.48E-10
Benifallet	1.72E-09	1.85E-09	8.05E-10	0.00E+00	5.98E-09	2.64E-09	1.08E-09	2.22E-09	2.42E-09	3.93E-10
Benissanet	1.91E-09	2.15E-09	9.69E-10	0.00E+00	7.22E-09	3.19E-09	1.31E-09	2.68E-09	2.85E-09	4.67E-10
Borges del Camp (Les)	2.47E-09	2.70E-09	1.18E-09	0.00E+00	8.81E-09	3.89E-09	1.60E-09	3.27E-09	3.53E-09	5.75E-10
Botarell	3.35E-09	3.71E-09	1.65E-09	0.00E+00	1.23E-08	5.42E-09	2.22E-09	4.55E-09	4.89E-09	7.98E-10
Cambrils	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Capçanes	3.17E-09	3.62E-09	1.64E-09	0.00E+00	1.22E-08	5.41E-09	2.22E-09	4.54E-09	4.83E-09	7.91E-10
Colldejou	4.44E-09	4.99E-09	2.24E-09	0.00E+00	1.66E-08	7.36E-09	3.02E-09	6.18E-09	6.64E-09	1.08E-09
Duesaigües	3.51E-09	3.90E-09	1.73E-09	0.00E+00	1.29E-08	5.69E-09	2.34E-09	4.78E-09	5.15E-09	8.39E-10
Falset	2.31E-09	2.62E-09	1.18E-09	0.00E+00	8.79E-09	3.88E-09	1.59E-09	3.26E-09	3.47E-09	5.69E-10
Garcia	1.72E-09	1.70E-09	6.88E-10	0.00E+00	5.07E-09	2.24E-09	9.19E-10	1.88E-09	2.16E-09	3.44E-10
Ginestar	1.98E-09	2.24E-09	1.01E-09	0.00E+00	7.53E-09	3.33E-09	1.37E-09	2.80E-09	2.98E-09	4.87E-10
Gratallops	1.55E-09	1.71E-09	7.60E-10	0.00E+00	5.66E-09	2.50E-09	1.03E-09	2.10E-09	2.25E-09	3.68E-10
Guiamets (Els)	2.86E-09	3.26E-09	1.47E-09	0.00E+00	1.10E-08	4.85E-09	1.99E-09	4.08E-09	4.33E-09	7.10E-10
Lloar (El)	1.55E-09	1.71E-09	7.60E-10	0.00E+00	5.66E-09	2.50E-09	1.03E-09	2.10E-09	2.25E-09	3.68E-10
Marçà	2.62E-09	2.98E-09	1.35E-09	0.00E+00	1.00E-08	4.44E-09	1.82E-09	3.73E-09	3.97E-09	6.50E-10
Maspujols	2.22E-09	2.41E-09	1.06E-09	0.00E+00	7.86E-09	3.48E-09	1.43E-09	2.92E-09	3.15E-09	5.13E-10
Masroig (El)	2.23E-09	2.53E-09	1.14E-09	0.00E+00	8.47E-09	3.75E-09	1.54E-09	3.15E-09	3.35E-09	5.48E-10
Miravet	1.67E-09	1.88E-09	8.42E-10	0.00E+00	6.28E-09	2.78E-09	1.14E-09	2.33E-09	2.48E-09	4.06E-10
Molar (El)	1.62E-09	1.80E-09	8.02E-10	0.00E+00	5.97E-09	2.64E-09	1.08E-09	2.22E-09	2.38E-09	3.88E-10

Tabla A10.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Montbrió del Camp	3.59E-09	3.99E-09	1.77E-09	0.00E+00	1.32E-08	5.83E-09	2.39E-09	4.90E-09	5.26E-09	8.59E-10
Mont-Roig del Camp	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Móra d'Ebre	2.01E-09	2.00E-09	8.17E-10	0.00E+00	6.02E-09	2.66E-09	1.09E-09	2.23E-09	2.56E-09	4.08E-10
Móra la Nova	2.01E-09	2.00E-09	8.16E-10	0.00E+00	6.02E-09	2.66E-09	1.09E-09	2.23E-09	2.55E-09	4.07E-10
Perelló (El)	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Porrera	2.12E-09	2.31E-09	1.02E-09	0.00E+00	7.55E-09	3.34E-09	1.37E-09	2.80E-09	3.03E-09	4.93E-10
Pradell de la Teixeta	2.67E-09	2.95E-09	1.31E-09	0.00E+00	9.74E-09	4.31E-09	1.77E-09	3.62E-09	3.90E-09	6.35E-10
Pratdip	8.17E-09	9.32E-09	4.22E-09	0.00E+00	3.14E-08	1.39E-08	5.69E-09	1.17E-08	1.25E-08	2.04E-09
Rasquera	1.82E-09	2.06E-09	9.27E-10	0.00E+00	6.91E-09	3.05E-09	1.25E-09	2.56E-09	2.73E-09	4.47E-10
Riudecanyes	3.75E-09	4.17E-09	1.86E-09	0.00E+00	1.38E-08	6.11E-09	2.51E-09	5.13E-09	5.52E-09	9.00E-1
Riudecols	2.78E-09	3.06E-09	1.35E-09	0.00E+00	1.01E-08	4.45E-09	1.82E-09	3.73E-09	4.02E-09	6.55E-10
Riudoms	2.26E-09	2.23E-09	9.04E-10	0.00E+00	6.65E-09	2.94E-09	1.21E-09	2.46E-09	2.84E-09	4.52E-10
Tivissa	4.22E-09	4.31E-09	1.80E-09	0.00E+00	1.33E-08	5.87E-09	2.41E-09	4.92E-09	5.59E-09	8.95E-10
Torre de Fontaubella (La)	3.55E-09	3.97E-09	1.77E-09	0.00E+00	1.32E-08	5.83E-09	2.39E-09	4.90E-09	5.26E-09	8.59E-10
Torroja del Priorat	1.46E-09	1.62E-09	7.17E-10	0.00E+00	5.34E-09	2.36E-09	9.69E-10	1.98E-09	2.12E-09	3.47E-10
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Vilanova d'Escornalbou	4.55E-09	5.10E-09	2.28E-09	0.00E+00	1.70E-08	7.50E-09	3.08E-09	6.30E-09	6.76E-09	1.10E-09
Vila-Seca	1.87E-09	1.83E-09	7.32E-10	0.00E+00	5.39E-09	2.38E-09	9.77E-10	2.00E-09	2.30E-09	3.66E-10
Vinyols i Els Arcs	2.73E-09	2.73E-09	1.12E-09	0.00E+00	8.23E-09	3.64E-09	1.49E-09	3.05E-09	3.49E-09	5.57E-10
Deltebre	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Sant Jaume d'Enveja	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Camarles	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Salou	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04
Ampolla (L')	7.34E-04	5.01E-04	8.85E-04	9.50E-04	3.63E-03	6.98E-04	1.72E-04	3.79E-04	1.81E-04	2.33E-04

Tabla A10.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	2002	2003
Ametlla de Mar (L')	4.06E-05	1.70E-04
Argentera (L')	0.00E+00	0.00E+00
Bellmunt del Priorat	0.00E+00	0.00E+00
Benifallet	0.00E+00	0.00E+00
Benissanet	0.00E+00	0.00E+00
Borges del Camp (Les)	0.00E+00	0.00E+00
Botarell	0.00E+00	0.00E+00
Cambrils	4.06E-05	1.70E-04
Capçanes	0.00E+00	0.00E+00
Colldejou	0.00E+00	0.00E+00
Duesaigües	0.00E+00	0.00E+00
Falset	0.00E+00	0.00E+00
Garcia	0.00E+00	0.00E+00
Ginestar	0.00E+00	0.00E+00
Gratallops	0.00E+00	0.00E+00

Municipio	2002	2003
Guiamets (Els)	0.00E+00	0.00E+00
Lloar (El)	0.00E+00	0.00E+00
Marçà	0.00E+00	0.00E+00
Maspujols	0.00E+00	0.00E+00
Masroig (El)	0.00E+00	0.00E+00
Miravet	0.00E+00	0.00E+00
Molar (El)	0.00E+00	0.00E+00
Montbrió del Camp	0.00E+00	0.00E+00
Mont-Roig del Camp	4.06E-05	1.70E-04
Móra d'Ebre	0.00E+00	0.00E+00
Móra la Nova	0.00E+00	0.00E+00
Perelló (El)	4.06E-05	1.70E-04
Porrera	0.00E+00	0.00E+00
Pradell de la Teixeta	0.00E+00	0.00E+00
Pratdip	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A10.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	2002	2003
Rasquera	0.00E+00	0.00E+00
Riudecanyes	0.00E+00	0.00E+00
Riudecols	0.00E+00	0.00E+00
Riudoms	0.00E+00	0.00E+00
Tivissa	0.00E+00	0.00E+00
Torre de Fontaubella (La)	0.00E+00	0.00E+00
Torroja del Priorat	0.00E+00	0.00E+00
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	4.06E-05	1.70E-04

Municipio	2002	2003
Vilanova d'Escornalbou	0.00E+00	0.00E+00
Vila-Seca	0.00E+00	0.00E+00
Vinyols i Els Arcs	0.00E+00	0.00E+00
Deltebre	4.06E-05	1.70E-04
Sant Jaume d'Enveja	4.06E-05	1.70E-04
Camarles	4.06E-05	1.70E-04
Salou	4.06E-05	1.70E-04
Ampolla (L')	4.06E-05	1.70E-04

Figura A10.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Vandellós y Hospitalet del Infant, año 1988 ***(Total: 5.21E-03 mSv)***

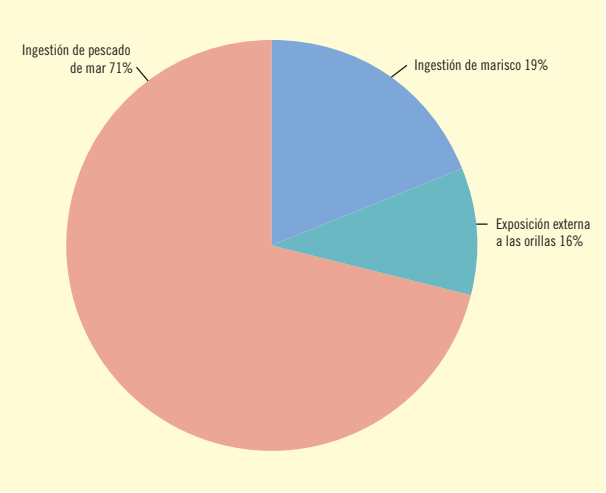


Figura A10.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Vandellós y Hospitalet del Infant, año 1988 ***(Total: 3.00E-05 mSv)***

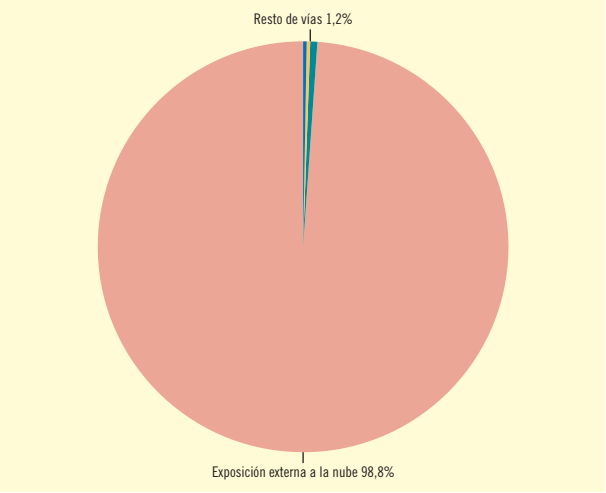


Figura A10.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 1988

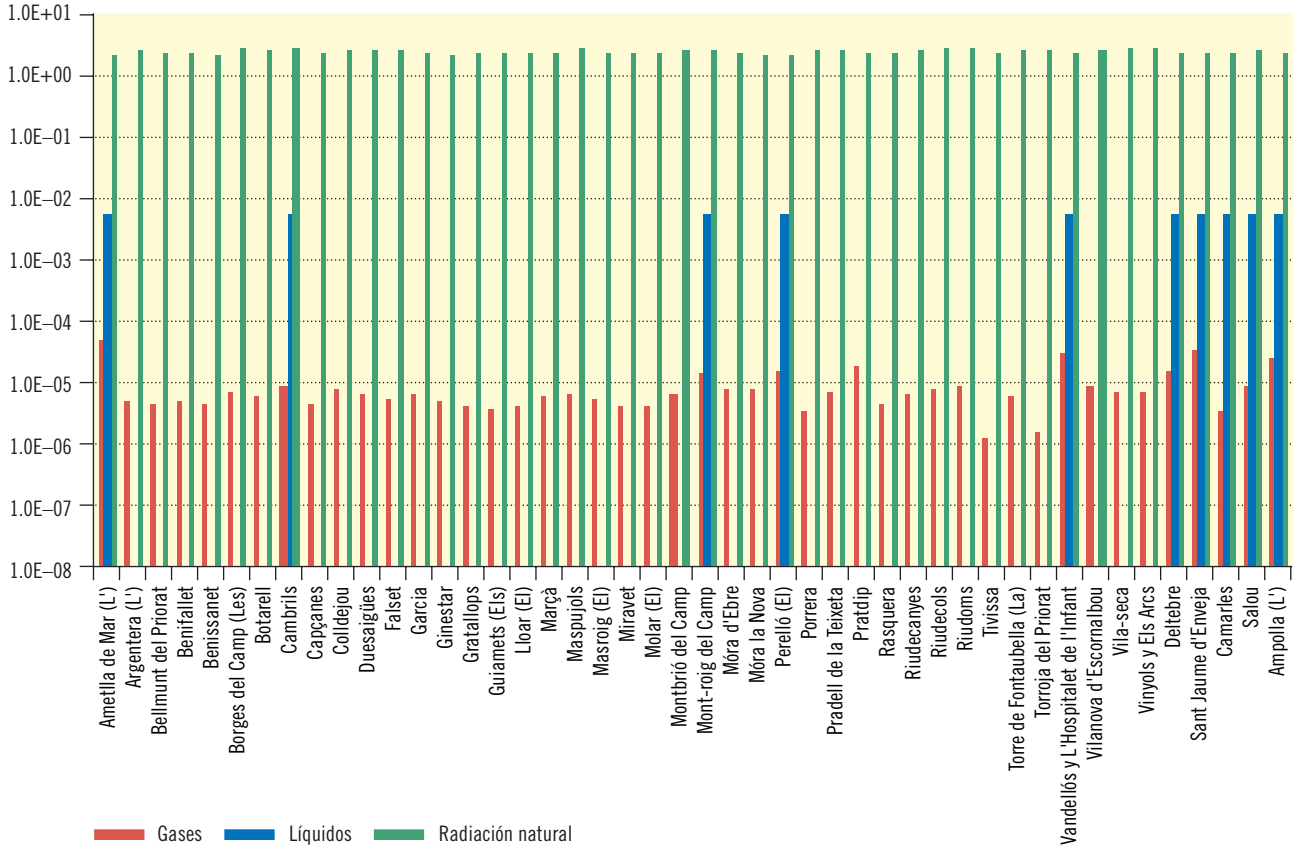


Figura A10.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por la central nuclear Vandellós I en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1972-2003

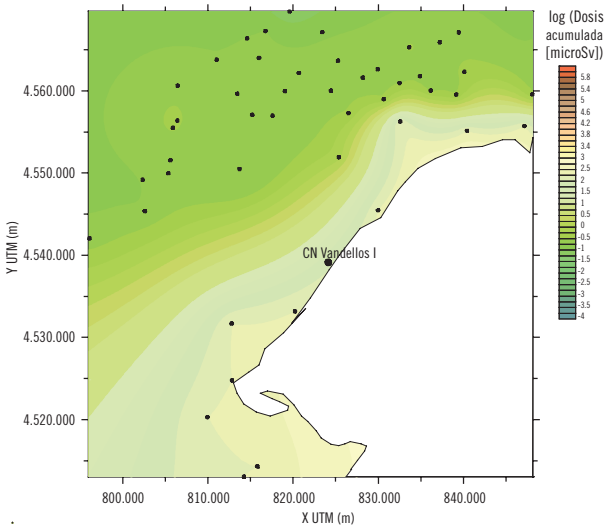


Figura A10.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1972-2003

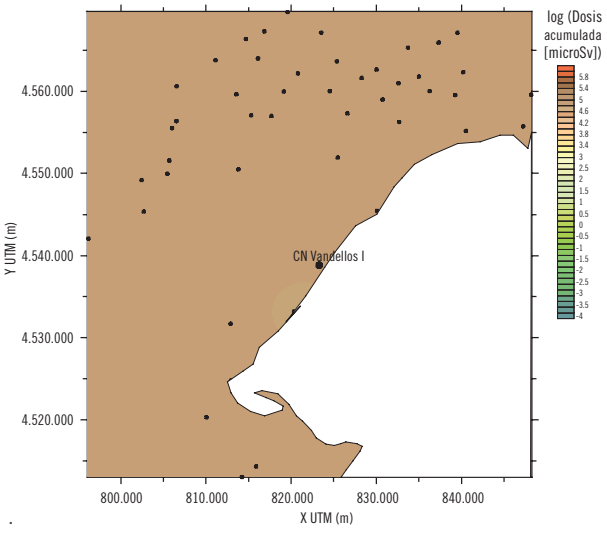


Tabla A10.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Ametlla de Mar (L')	1.79E-01
Argentera (L')	2.28E-04
Bellmunt del Priorat	2.03E-04
Benifallet	2.25E-04
Benissanet	2.03E-04
Borges del Camp (Les)	3.07E-04
Botarell	2.63E-04
Cambrils	1.77E-01
Capçanes	1.98E-04
Colldejou	3.52E-04
Duesaigües	2.79E-04
Falset	2.42E-04
Garcia	2.95E-04
Ginestar	2.09E-04
Gratallops	1.81E-04
Guiamets (Els)	1.73E-04
Lloar (El)	1.81E-04
Marçà	2.69E-04
Maspujols	2.80E-04
Masroig (El)	2.36E-04
Miravet	1.81E-04
Molar (El)	1.87E-04
Montbrió del Camp	2.84E-04

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Mont-Roig del Camp	1.77E-01
Móra d'Ebre	3.39E-04
Móra la Nova	3.39E-04
Perelló (El)	1.77E-01
Porrera	1.48E-04
Pradell de la Teixeta	3.13E-04
Pratdip	8.24E-04
Rasquera	1.92E-04
Riudecanyes	3.00E-04
Riudecols	3.35E-04
Riudoms	3.89E-04
Tivissa	7.02E-05
Torre de Fontaubella (La)	2.69E-04
Torroja del Priorat	6.96E-05
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	1.78E-01
Vilanova d'Escornalbou	3.73E-04
Vila-Seca	3.34E-04
Vinyols i Els Arcs	3.25E-04
Deltebre	1.77E-01
Sant Jaume d'Enveja	1.78E-01
Camarles	1.76E-01
Salou	1.77E-01
Ampolla (L')	1.77E-01

Tabla A10.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1972-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Ametlla de Mar (L')	0,50	0,03	0,11	0,03	0,60	0,29	0,36	1,93	61,69
Argentera (L')	0,59	0,03	0,11	0,07	0,80	0,32	0,36	2,29	73,21
Bellmunt del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	70,54
Benifallet	0,59	0,03	0,11	0,06	0,73	0,29	0,36	2,17	69,33
Benissanet	0,59	0,03	0,11	0,03	0,60	0,30	0,36	2,02	64,52
Borges del Camp (Les)	0,59	0,03	0,11	0,13	1,07	0,32	0,36	2,61	83,62
Botarell	0,59	0,03	0,11	0,10	0,91	0,31	0,36	2,41	77,07
Cambrils	0,59	0,03	0,11	0,12	1,01	0,29	0,36	2,51	80,46
Capçanes	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	70,52
Colldejou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,83	0,33	0,36	2,33	74,65
Duesaigües	0,59	0,03	0,11	0,08	0,83	0,32	0,36	2,31	74,01
Falset	0,59	0,03	0,11	0,08	0,85	0,33	0,36	2,35	75,06
Garcia	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,30	0,36	2,06	65,94
Ginestar	0,59	0,03	0,11	0,02	0,57	0,29	0,36	1,98	63,24
Gratallops	0,59	0,03	0,11	0,06	0,76	0,32	0,36	2,23	71,49

Tabla A10.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1972-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Guiamets (Els)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	70,52
Lloar (El)	0,59	0,03	0,11	0,05	0,72	0,31	0,36	2,17	69,59
Marçà	0,45	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,07	66,17
Maspujols	0,59	0,03	0,11	0,13	1,09	0,31	0,36	2,63	84,06
Masroig (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	70,47
Miravet	0,59	0,03	0,11	0,04	0,66	0,30	0,36	2,09	67,01
Molar (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	70,41
Montbrió del Camp	0,59	0,03	0,11	0,09	0,89	0,30	0,36	2,37	75,99
Mont-Roig del Camp	0,64	0,03	0,11	0,10	0,93	0,30	0,36	2,47	78,92
Móra d´Ebre	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,30	0,36	2,18	69,77
Móra la Nova	0,59	0,03	0,11	0,03	0,59	0,30	0,36	2,00	64,06
Perelló (El)	0,59	0,03	0,11	0,04	0,62	0,30	0,36	2,05	65,67
Porrera	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	77,82
Pradell de la Teixeta	0,59	0,03	0,11	0,09	0,90	0,33	0,36	2,41	77,14
Pratdip	0,59	0,03	0,11	0,07	0,77	0,31	0,36	2,24	71,70
Rasquera	0,59	0,03	0,11	0,05	0,70	0,31	0,36	2,15	68,75
Riudecanyes	0,59	0,03	0,11	0,10	0,93	0,31	0,36	2,42	77,49
Riudecols	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,32	0,36	2,56	81,84
Riudoms	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,30	0,36	2,54	81,28
Tivissa	0,55	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,17	69,37
Torre de Fontaubella (La)	0,59	0,03	0,11	0,10	0,95	0,33	0,36	2,47	79,05
Torroja del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	77,81
Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant	0,38	0,03	0,11	0,07	0,81	0,32	0,36	2,08	66,61
Vilanova d´Escornalbou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,31	0,36	2,34	74,88
Vila-Seca de Solcina	0,59	0,03	0,11	0,12	1,04	0,30	0,36	2,55	81,59
Vinyols i Els Arcs	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,30	0,36	2,53	81,11
Deltebre	0,59	0,03	0,11	0,04	0,63	0,29	0,36	2,05	65,74
Sant Jaume d´Enveja	0,59	0,03	0,11	0,04	0,63	0,29	0,36	2,05	65,71
Camarles	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,29	0,36	2,07	66,10
Salou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,29	0,36	2,33	74,48
Ampolla (L')	0,59	0,03	0,11	0,04	0,66	0,29	0,36	2,08	66,66

Tabla A10.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
43	Tarragona	13	Ametlla de Mar (L')	9.132	SW
		17	Argentera (L')	21.089	N
		23	Bellmunt del Priorat	25.114	NNW
		25	Benifallet	29.384	W
		26	Benissanet	22.561	WNW
		31	Borges del Camp (Les)	27.858	NNE
		33	Botarell	23.134	NNE
		38	Cambrils	20.874	NE

Tabla A10.5. Municipios del entorno de 30 km (continuación)

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
		40	Capçanes	18.040	NNW
		45	Colldejou	16.640	N
		53	Duesaigües	22.389	NNE
		55	Falset	21.980	NNW
		65	Garcia	27.462	NW
		67	Ginestar	22.044	WNW
		69	Gratallops	27.951	NNW
		70	Guiamets (Els)	19.267	NNW
		72	Lloar (El)	27.839	NNW
		76	Marçà	20.273	NNW
		81	Maspujols	29.917	NNE
		82	Masroig (El)	22.352	NNW
		84	Miravet	24.542	WNW
		85	Molar (El)	27.169	NNW
		88	Montbrió del Camp	22.133	NNE
		92	Mont-Roig del Camp	17.159	NNE
		93	Móra d'Ebre	24.460	NW
		94	Móra la Nova	24.583	NW
		104	Perelló (El)	15.463	SW
		114	Porrera	26.497	N
		115	Pradell de la Teixeta	22.946	N
		118	Pratdip	11.217	N
		121	Rasquera	23.242	WNW
		127	Riudecanyes	21.490	NNE
		128	Riudecols	25.960	NNE
		129	Riudoms	26.177	NE
		150	Tivissa	15.229	NW
		151	Torre de Fontaubella (La)	19.335	N
		154	Torroja del Priorat	29.535	NNW
		162	Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	6.626	NE
		167	Vilanova d'Escornalbou	19.046	NNE
		171	Vila-Seca	29.534	NE
		178	Vinyols i Els Arcs	23.347	NE
		901	Deltebre	28.068	SSW
		902	Sant Jaume d'Enveja	29.851	SSW
		903	Camarles	25.561	SW
		905	Salou	26.471	NE
		906	Ampolla (L')	20.256	SW

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A10.6 y A10.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A10.6 y A10.7. Los efluentes líquidos y gaseosos emitidos al medio exterior desde la instalación a lo largo de las diversas fases de su ciclo de vida se han determinado a partir de los Informes Mensuales de Explotación, así como del estudio (EEAA, 1992) para los vertidos realizados hasta 1991. A partir de entonces, se ha recurrido a los datos recogidos en la base de datos ELGA del CSN.

Figura A10.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

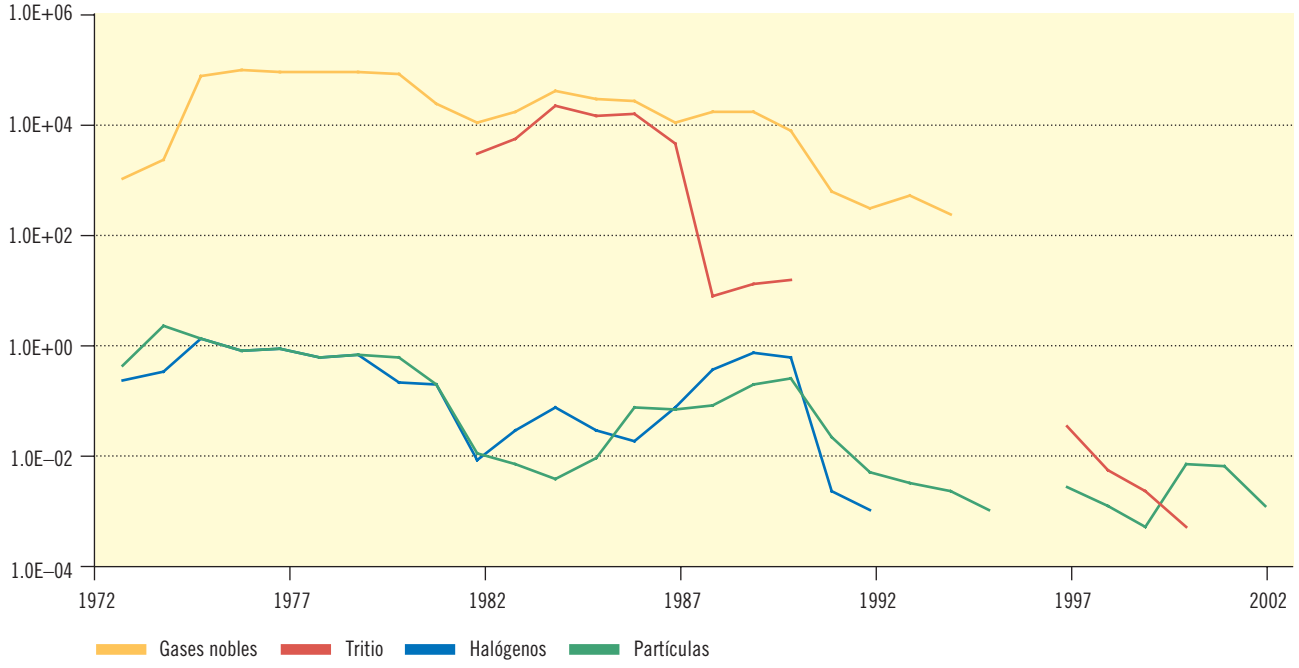


Figura A10.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

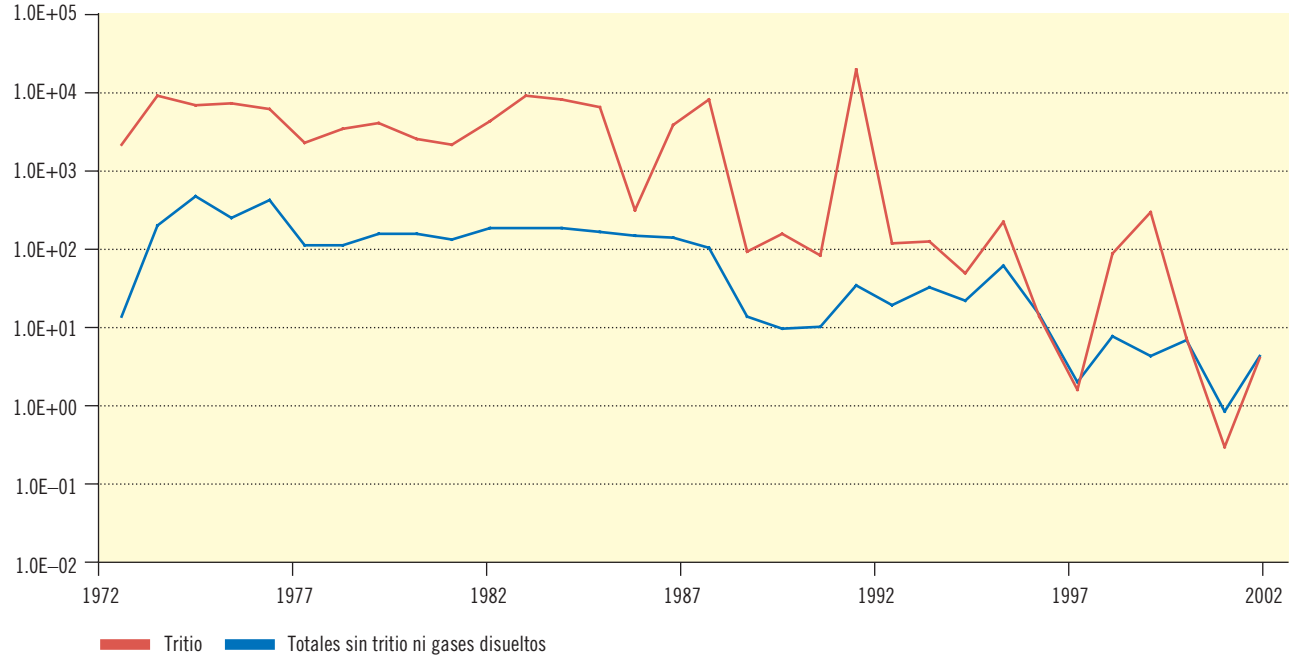


Tabla A10.6 (1/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Ar-41	1.47E+12	3.33E+12	1.28E+14	1.65E+14	1.51E+14	1.58E+14	1.52E+14	1.50E+14	3.96E+13	1.64E+13	2.87E+13
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.17E+06	2.17E+06
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.28E+05	0.00E+00
Co-60	2.67E+06	1.54E+07	9.21E+06	5.12E+06	5.63E+06	3.90E+06	4.45E+06	3.74E+06	1.23E+06	4.64E+04	2.77E+04
Cs-134	1.55E+06	8.87E+06	5.32E+06	2.96E+06	3.25E+06	2.26E+06	2.57E+06	2.16E+06	7.10E+05	2.68E+04	1.60E+04
Cs-137	3.78E+06	2.17E+07	1.30E+07	7.23E+06	7.96E+06	5.51E+06	6.29E+06	5.28E+06	1.74E+06	6.55E+04	3.91E+04
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+06	1.10E+06
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.57E+12	8.53E+12
I-131	2.90E+07	4.15E+07	1.82E+08	1.01E+08	1.11E+08	7.71E+07	8.79E+07	2.63E+07	2.43E+07	8.69E+05	3.18E+06
I-132	8.22E+07	1.18E+08	5.16E+08	2.86E+08	3.15E+08	2.18E+08	2.49E+08	7.45E+07	6.87E+07	2.46E+06	9.00E+06
I-133	2.54E+07	3.63E+07	1.59E+08	8.84E+07	9.72E+07	6.74E+07	7.69E+07	2.30E+07	2.12E+07	7.59E+05	2.78E+06
I-134	8.93E+07	1.28E+08	5.60E+08	3.11E+08	3.42E+08	2.37E+08	2.70E+08	8.09E+07	7.47E+07	2.67E+06	9.77E+06
I-135	1.83E+07	2.61E+07	1.15E+08	6.37E+07	7.00E+07	4.85E+07	5.54E+07	1.66E+07	1.53E+07	5.47E+05	2.00E+06
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.32E+11	0.00E+00
Kr-85 m	1.86E+09	4.22E+09	1.62E+11	2.10E+11	1.91E+11	2.00E+11	1.92E+11	1.90E+11	5.01E+10	2.08E+10	3.63E+10
Kr-88	1.45E+09	3.29E+09	1.27E+11	1.63E+11	1.49E+11	1.56E+11	1.50E+11	1.48E+11	3.91E+10	1.62E+10	2.83E+10
Mn-54	2.18E+06	1.25E+07	7.53E+06	4.18E+06	4.60E+06	3.19E+06	3.64E+06	3.06E+06	1.00E+06	3.79E+04	2.26E+04
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+05	1.75E+05
S-35	4.34E+08	2.49E+09	1.49E+09	8.30E+08	9.13E+08	6.33E+08	7.22E+08	6.07E+08	1.99E+08	7.52E+06	4.49E+06
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.66E+03	7.66E+03
Xe-133	1.29E+10	2.92E+10	1.13E+12	1.45E+12	1.32E+12	1.38E+12	1.33E+12	1.31E+12	3.47E+11	1.44E+11	2.52E+11
Xe-135	1.59E+10	3.60E+10	1.39E+12	1.79E+12	1.63E+12	1.71E+12	1.64E+12	1.62E+12	4.28E+11	1.78E+11	3.11E+11
Y-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+03	3.37E+03

Tabla A10.6 (2/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Ar-41	6.80E+13	4.62E+13	4.45E+13	1.83E+13	2.92E+13	2.70E+13	1.16E+13	8.74E+11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	3.81E+05	5.53E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.28E+05	0.00E+00
Co-60	1.69E+04	3.13E+04	4.11E+05	1.15E+05	1.61E+05	7.67E+05	3.85E+06	1.59E+05	2.18E+05	0.00E+00	9.62E+04
Cs-134	9.74E+03	1.81E+04	2.37E+05	1.29E+05	1.93E+05	3.80E+05	1.97E+06	7.23E+04	1.46E+05	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	2.38E+04	4.43E+04	5.80E+05	2.18E+05	2.86E+05	1.23E+06	5.26E+06	1.91E+05	3.68E+06	2.04E+06	1.68E+06
Fe-55	2.04E+05	5.53E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	3.66E+13	2.46E+13	2.51E+13	7.31E+12	9.21E+09	1.58E+10	1.82E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	8.45E+06	3.06E+06	2.06E+06	1.71E+07	1.15E+07	4.70E+07	9.92E+07	1.86E+05	1.45E+05	0.00E+00	0.00E+00
I-132	2.39E+07	8.66E+06	5.84E+06	4.39E+07	7.76E+07	2.88E+08	1.07E+08	5.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	7.38E+06	2.67E+06	1.80E+06	3.62E+06	1.70E+07	7.24E+07	1.28E+08	2.27E+05	1.33E+05	0.00E+00	0.00E+00
I-134	2.60E+07	9.41E+06	6.34E+06	3.14E+06	2.40E+08	2.76E+08	2.29E+08	7.81E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	5.32E+06	1.92E+06	1.30E+06	1.60E+06	2.99E+07	6.10E+07	6.65E+07	1.60E+05	5.74E+05	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.32E+11	7.11E+11	3.34E+11
Kr-85 m	8.62E+10	5.85E+10	5.70E+10	1.42E+10	2.60E+10	3.69E+10	2.43E+10	1.07E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	6.72E+10	4.56E+10	4.28E+10	1.71E+10	2.65E+10	2.55E+10	1.44E+10	8.02E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	1.38E+04	2.56E+04	3.36E+05	1.51E+05	1.93E+05	4.79E+05	2.95E+06	1.26E+05	8.35E+04	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	7.76E+04	2.83E+06	2.13E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
S-35	2.74E+06	5.08E+06	6.66E+07	6.52E+07	7.51E+07	1.89E+08	2.55E+08	1.95E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	3.37E+03	2.90E+02	2.27E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	5.97E+11	4.05E+11	3.77E+11	1.47E+11	1.43E+11	1.84E+11	1.92E+11	6.77E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	7.37E+11	5.00E+11	4.91E+11	1.58E+11	1.46E+11	3.71E+11	1.94E+11	8.82E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	3.37E+03	2.90E+02	2.27E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A10.6 (3/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	0.00E+00	0.00E+00	2.17E+06	9.57E+05	3.81E+05	3.64E+05	5.53E+03	2.13E+04	0.00E+00	0.00E+00
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	5.35E+04	0.00E+00	9.21E+05	4.07E+05	1.67E+05	3.37E+05	5.53E+03	2.13E+04	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	7.86E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+06	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+06	4.86E+05	2.04E+05	2.90E+06	5.53E+04	2.13E+05	0.00E+00	0.00E+00
H-3	0.00E+00	0.00E+00	3.26E+07	4.76E+06	1.89E+06	4.11E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+05	7.76E+04	3.32E+04	2.83E+06	5.53E+04	2.13E+05	0.00E+00	0.00E+00
S-35	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	7.66E+03	3.37E+03	1.34E+03	2.90E+02	2.15E+06	2.27E+05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+0	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+03	1.34E+03	2.90E+02	2.15E+06	2.27E+05	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A10.7 (1/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	4.67E+08	6.70E+09	1.60E+10	8.48E+09	1.41E+10	3.74E+09	3.73E+09	5.26E+09	5.33E+09	4.41E+09	6.52E+09
Co-58	1.85E+07	2.66E+08	6.33E+08	3.36E+08	5.61E+08	1.48E+08	1.48E+08	2.08E+08	2.11E+08	1.75E+08	2.58E+08
Co-60	2.21E+08	3.18E+09	7.57E+09	4.02E+09	6.71E+09	1.77E+09	1.77E+09	2.49E+09	2.53E+09	2.09E+09	3.09E+09
Cr-51	1.54E+08	2.21E+09	5.26E+09	2.80E+09	4.67E+09	1.23E+09	1.23E+09	1.73E+09	1.76E+09	1.45E+09	2.15E+09
Cs-134	6.82E+08	9.79E+09	2.33E+10	1.24E+10	2.07E+10	5.46E+09	5.46E+09	7.68E+09	7.79E+09	6.44E+09	9.52E+09
Cs-137	4.71E+09	6.76E+10	1.61E+11	8.56E+10	1.43E+11	3.77E+10	3.77E+10	5.31E+10	5.38E+10	4.45E+10	6.58E+10
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Eu-155	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	2.29E+07	3.29E+08	7.83E+08	4.16E+08	6.94E+08	1.83E+08	1.83E+08	2.58E+08	2.62E+08	2.16E+08	3.20E+08
H-3	2.03E+12	8.73E+12	6.35E+12	6.66E+12	5.76E+12	2.06E+12	3.13E+12	3.79E+12	2.42E+12	1.99E+12	4.07E+12
Mn-54	1.67E+07	2.40E+08	5.72E+08	3.04E+08	5.07E+08	1.34E+08	1.34E+08	1.88E+08	1.91E+08	1.58E+08	2.34E+08
Na-24	9.55E+05	1.37E+07	3.27E+07	1.74E+07	2.90E+07	7.66E+06	7.64E+06	1.08E+07	1.09E+07	9.02E+06	1.33E+07
Nb-95	1.89E+08	2.72E+09	6.47E+09	3.44E+09	5.74E+09	1.52E+09	1.51E+09	2.13E+09	2.16E+09	1.79E+09	2.64E+09
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	4.40E+08	6.32E+09	1.50E+10	8.00E+09	1.33E+10	3.53E+09	3.52E+09	4.96E+09	5.03E+09	4.15E+09	6.14E+09
S-35	2.33E+09	3.34E+10	7.96E+10	4.23E+10	7.05E+10	1.86E+10	1.86E+10	2.62E+10	2.66E+10	2.20E+10	3.25E+10
Sb-124	1.84E+08	2.64E+09	6.28E+09	3.34E+09	5.57E+09	1.47E+09	1.47E+09	2.07E+09	2.10E+09	1.73E+09	2.57E+09
Sb-125	6.19E+08	8.89E+09	2.12E+10	1.12E+10	1.88E+10	4.96E+09	4.95E+09	6.97E+09	7.07E+09	5.84E+09	8.64E+09
Se-75	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	4.45E+06	6.39E+07	1.52E+08	8.09E+07	1.35E+08	3.57E+07	3.56E+07	5.01E+07	5.09E+07	4.20E+07	6.22E+07
Sr-90	2.43E+09	3.49E+10	8.30E+10	4.41E+10	7.36E+10	1.95E+10	1.94E+10	2.73E+10	2.77E+10	2.29E+10	3.39E+10
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	5.73E+07	8.23E+08	1.96E+09	1.04E+09	1.74E+09	4.59E+08	4.59E+08	6.46E+08	6.55E+08	5.41E+08	8.00E+08
Zr-95	6.19E+07	8.89E+08	2.12E+09	1.12E+09	1.88E+09	4.96E+08	4.95E+08	6.97E+08	7.07E+08	5.84E+08	8.64E+08

Tabla A10.7 (2/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	6.33E+09	6.33E+09	5.70E+09	3.20E+09	1.33E+10	2.43E+09	3.78E+08	1.73E+08	6.23E+07	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	2.51E+08	2.51E+08	2.26E+08	2.24E+07	1.67E+08	4.64E+07	2.83E+07	2.16E+07	2.72E+09	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	3.00E+09	3.00E+09	2.71E+09	9.47E+08	7.34E+08	6.63E+08	1.55E+08	3.97E+08	6.03E+07	5.29E+08	2.19E+08
Cr-51	2.09E+09	2.09E+09	1.88E+09	1.82E+08	2.54E+08	2.43E+08	2.20E+08	2.50E+08	7.99E+07	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	9.25E+09	9.25E+09	8.34E+09	5.90E+09	6.68E+09	2.24E+10	5.28E+08	3.68E+08	3.93E+08	1.09E+09	5.65E+08
Cs-137	6.39E+10	6.39E+10	5.76E+10	2.30E+10	2.66E+10	3.38E+10	3.96E+09	3.49E+09	3.69E+09	1.62E+10	1.20E+10
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Eu-155	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	3.11E+08	3.11E+08	2.80E+08	4.90E+07	4.94E+07	4.01E+07	3.01E+07	3.71E+07	1.07E+07	0.00E+00	0.00E+00
H-3	8.56E+12	7.73E+12	6.21E+12	2.83E+11	3.53E+12	7.48E+12	8.34E+10	1.41E+11	7.43E+10	1.83E+13	1.05E+11
Mn-54	2.27E+08	2.27E+08	2.05E+08	4.68E+07	4.00E+07	2.62E+07	1.49E+07	3.00E+07	7.50E+06	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	1.30E+07	1.30E+07	1.17E+07	0.00E+00	1.85E+07	2.75E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	2.57E+09	2.57E+09	2.31E+09	3.49E+09	1.67E+09	1.90E+09	1.53E+08	1.93E+07	5.71E+06	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	5.97E+09	5.97E+09	5.38E+09	8.44E+08	6.51E+09	1.89E+09	3.36E+08	2.39E+08	4.64E+08	1.37E+08	0.00E+00
S-35	3.16E+10	3.16E+10	2.85E+10	8.42E+09	4.36E+10	2.16E+10	4.89E+09	9.59E+07	5.20E+08	8.13E+09	1.81E+09
Sb-124	2.49E+09	2.49E+09	2.25E+09	5.68E+10	1.71E+09	1.52E+09	3.75E+08	9.31E+07	9.37E+06	0.00E+00	0.00E+00
Sb-125	8.40E+09	8.40E+09	7.57E+09	6.99E+08	5.53E+09	2.00E+09	1.08E+09	5.19E+08	4.33E+08	3.06E+08	2.68E+07
Se-75	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.19E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	6.04E+07	6.04E+07	5.44E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.19E+08	0.00E+00	2.85E+09	7.37E+08	4.39E+09	2.00E+09
Sr-90	3.29E+10	3.29E+10	2.97E+10	2.84E+10	2.11E+10	8.24E+09	3.63E+08	1.30E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.22E+09
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.90E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	7.78E+08	7.78E+08	7.01E+08	2.10E+06	1.41E+08	5.22E+07	3.84E+07	6.06E+07	8.89E+07	0.00E+00	3.57E+06
Zr-95	8.40E+08	8.40E+08	7.57E+08	7.26E+08	4.70E+08	5.38E+08	6.64E+07	3.21E+07	1.01E+07	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A10.7 (3/3). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.74E+08	3.24E+08	9.43E+07	2.37E+08	1.59E+09
Ce-144	1.38E+08	8.08E+07	2.67E+08	5.38E+07	4.40E+07	2.51E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	2.59E+08	2.42E+09	2.23E+09	2.30E+09	3.20E+08	1.30E+08	4.48E+07	2.16E+08	6.31E+07	2.48E+08
Cr-51	1.35E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	4.60E+08	1.51E+08	5.35E+08	1.75E+07	3.43E+06	5.11E+06	1.51E+06	1.33E+06	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.94E+10	1.45E+10	3.18E+10	8.17E+09	1.01E+09	2.31E+09	8.15E+08	3.30E+09	2.45E+08	4.97E+08
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.90E+06	9.35E+06	7.80E+06	7.43E+05	0.00E+00
Eu-155	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E+06	1.88E+06	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.10E+08	4.87E+08	2.40E+08	2.41E+07	1.47E+07
Fe-59	5.74E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	1.14E+11	4.56E+10	2.06E+11	1.24E+10	1.44E+09	7.84E+10	2.75E+11	6.47E+09	2.71E+08	3.61E+09
Mn-54	3.45E+06	7.41E+06	1.46E+06	0.00E+00	3.87E+06	3.95E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.17E+07	9.53E+07	3.36E+08	6.24E+07	1.32E+09
Pu-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E+09	9.11E+08	7.55E+08	5.59E+07	4.93E+07
Ru-106	2.36E+08	1.31E+08	4.23E+08	9.87E+07	7.76E+07	4.62E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
S-35	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	3.43E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-125	1.71E+08	6.13E+07	2.66E+08	3.43E+07	2.80E+07	1.17E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-75	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	4.64E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	5.04E+09	2.43E+09	2.22E+10	2.50E+09	3.08E+08	4.12E+08	6.13E+08	6.81E+08	4.08E+07	6.34E+07
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+08	6.13E+08	6.81E+08	4.08E+07	6.34E+07
Zn-65	1.75E+07	1.58E+07	5.20E+08	1.31E+07	2.11E+07	1.24E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	5.23E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A10.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m^3)	X/Qd (s/m^3)	X/Qdd (s/m^3)	D/Q (m^{-2})
Ametlla de Mar (L')	6.400E-08	6.300E-08	4.600E-08	2.100E-10
Argentera (L')	6.400E-09	6.300E-09	4.100E-09	3.600E-11
Bellmunt del Priorat	3.700E-09	3.700E-09	2.300E-09	2.200E-11
Benifallet	4.100E-09	4.100E-09	2.500E-09	1.900E-11
Benissanet	3.700E-09	3.700E-09	2.300E-09	2.300E-11
Borges del Camp (Les)	5.600E-09	5.600E-09	3.400E-09	2.800E-11
Botarell	7.100E-09	7.000E-09	4.400E-09	3.900E-11
Cambrils	9.600E-09	9.500E-09	6.100E-09	3.100E-11
Capçanes	5.800E-09	5.700E-09	3.800E-09	3.900E-11
Colldejou	8.800E-09	8.700E-09	5.900E-09	5.300E-11
Duesaigües	7.400E-09	7.300E-09	4.700E-09	4.100E-11
Falset	4.400E-09	4.400E-09	2.800E-09	2.800E-11
Garcia	5.400E-09	5.400E-09	3.300E-09	1.600E-11
Ginestar	3.800E-09	3.800E-09	2.400E-09	2.400E-11
Gratallops	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	1.800E-11
Guiamets (Els)	5.300E-09	5.200E-09	3.400E-09	3.500E-11
Lloar (El)	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	1.800E-11
Marçà	4.900E-09	4.900E-09	3.200E-09	3.200E-11
Maspujols	5.100E-09	5.100E-09	3.000E-09	2.500E-11
Masroig (El)	4.300E-09	4.300E-09	2.700E-09	2.700E-11
Miravet	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	2.000E-11
Molar (El)	3.400E-09	3.400E-09	2.100E-09	1.900E-11
Montbrió del Camp	7.500E-09	7.400E-09	4.700E-09	4.200E-11
Mont-Roig del Camp	1.100E-08	1.100E-08	7.000E-09	6.400E-11
Móra d'Ebre	6.200E-09	6.200E-09	3.900E-09	1.900E-11
Móra la Nova	6.200E-09	6.200E-09	3.800E-09	1.900E-11
Perelló (El)	3.100E-08	3.000E-08	2.100E-08	8.600E-11
Porrera	4.800E-09	4.700E-09	2.900E-09	2.400E-11
Pradell de la Teixeta	5.700E-09	5.700E-09	3.600E-09	3.100E-11
Pratdip	1.500E-08	1.500E-08	1.100E-08	1.000E-10
Rasquera	3.500E-09	3.500E-09	2.200E-09	2.200E-11
Riudecanyes	7.800E-09	7.700E-09	5.000E-09	4.400E-11
Riudecols	6.100E-09	6.100E-09	3.700E-09	3.200E-11
Riudoms	7.10E-09	7.10E-09	4.40E-09	2.100E-11
Tivissa	1.20E-08	1.10E-08	7.80E-09	4.200E-11
Torre de Fontaubella (La)	7.20E-09	7.10E-09	4.70E-09	4.200E-11
Torroja del Priorat	3.10E-09	3.00E-09	1.80E-09	1.700E-11
Vandellós i L'Hospitalet de L'Infant	4.70E-08	4.60E-08	3.60E-08	2.200E-10
Vilanova d'Escornalbou	9.20E-09	9.10E-09	6.00E-09	5.400E-11
Vila-Seca	6.10E-09	6.10E-09	3.60E-09	1.700E-11
Vinyols i Els Arcs	8.30E-09	8.20E-09	5.20E-09	2.600E-11
Deltebre	3.10E-08	3.00E-08	1.80E-08	4.100E-11
Sant Jaume d'Enveja	2.80E-08	2.80E-08	1.70E-08	3.700E-11
Camarles	1.60E-08	1.50E-08	9.60E-09	3.700E-11
Salou	7.00E-09	7.00E-09	4.30E-09	2.100E-11
Ampolla (L')	2.10E-08	2.10E-08	1.40E-08	5.500E-11

Tabla A10.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	0	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	0	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	1.00E-2	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0,5	R.G.1.109	Mar

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

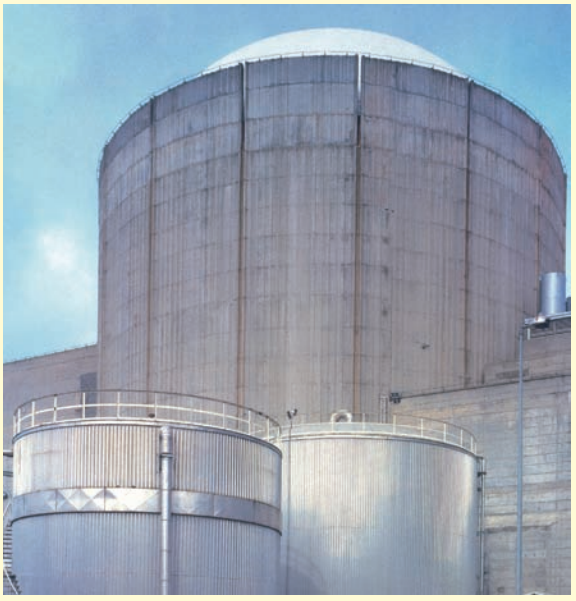
CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev.1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EEAA (1992). *Dosis Efectivas Producidas por los Vertidos de las Centrales Nucleares Españolas*. Empresarios Agrupados. Diciembre, 1992.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection* 129.

Anexo XI: Central nuclear de Almaraz (I y II)



Provincia:	Cáceres
Tecnología:	PWR Westinghouse
Potencia:	2 x 962 MWe (2 x 2.729 MWt)
Comienzo de la operación:	Mayo de 1981 (unidad I), octubre de 1983 (unidad II)
Energía producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	290 TWh (33,14 GW x año)

La central nuclear de Almaraz consta de dos reactores de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse, cada uno con 2.727 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en mayo de 1981 (unidad I) y en octubre de 1982 (unidad II), y actualmente continúan operativas.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Almaraz desde su entrada en funcionamiento (1981) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A11.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear de Almaraz se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Cáceres (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A11.8) y las particularidades de

la zona referente al consumo de agua de los dos embalses aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la acumulación en el embalse de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo, alivio, evaporación y sedimentación.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A11.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios ribereños de los embalses aguas abajo de la central. Estos dos embalses, Arrocampo y Torrejón, presentan las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que los embalses son fronterizos o atraviesan el término municipal.
- De acuerdo con las captaciones de agua aprobadas por la Confederación Hidrográfica del Tajo, se considera que el agua de los embalses de Arrocampo y Torrejón no se utiliza como agua de bebida por el ser humano.
- El embalse de Arrocampo está catalogado como embalse industrial no existiendo concesiones de agua para otros usos que los requeridos por la instalación.
- Sólo dos municipios, Serrejón y Toril, disponen de concesiones para utilizar el agua del embalse de Torrejón para uso agrícola.
- Para el cálculo de dosis por consumo de carne y leche de animales que comen pasto o forraje regado con agua contaminada o que beben dicha agua, se considera la situación geográfica de cada pueblo, según el embalse con el que el término municipal tenga límite.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A11.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

	Vías de exposición	
Municipios	**Embalse de Arrocampo**	**Embalse de Torrejón**
Almaraz, Saucedilla	Exposición externa a depósitos de las orillas. Ingestión de pescado de río. Ingestión de leche/carne de animales que beben en el embalse.	—
Romangordo, Casas de Miravete, Jaraicejo, Torrejón el Rubio		Exposición externa a depósitos de las orillas. Ingestión de pescado de río. Ingestión de leche/carne de animales que beben en el embalse.
Serrejón	Exposición externa a depósitos de las orillas. Ingestión de pescado de río. Ingestión de leche/carne de animales que beben en el embalse.	Ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales regados con agua del embalse. Ingestión de leche/carne de animales que comen pasto regado con agua del embalse.
Toril	—	Exposición externa a depósitos de las orillas. Ingestión de pescado de río. Ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales regados con agua del embalse. Ingestión de leche/carne de animales que beben y comen pasto regado con agua del embalse.
Resto	—	—

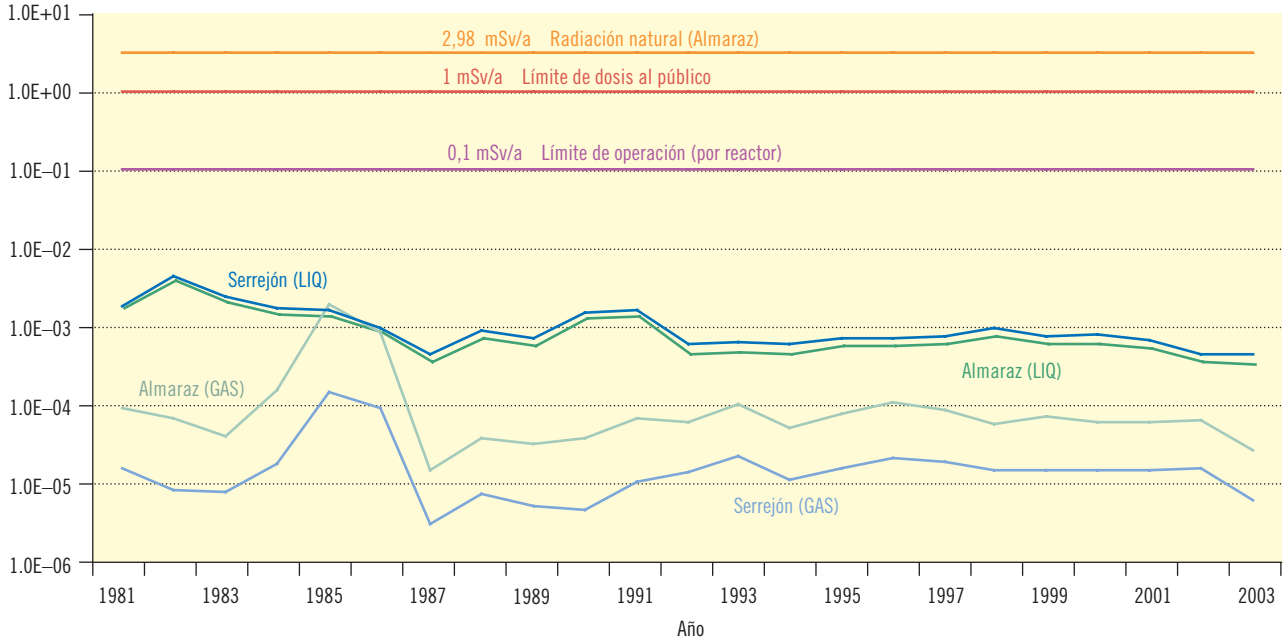
Las concentraciones de actividad del embalse de Torrejón se han estimado a partir de las concentraciones del embalse de Arrocampo, considerando un factor de dilución de 8,4 para todos los radionucleidos. Este valor se obtiene de la relación media entre las concentraciones de actividad de tritio medida por el Cedex en ambos embalses.

Resultados

En la figura A11.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del período del estudio en las poblaciones más significativas (Almaraz y Serrejón). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación por reactor, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Almaraz.

En la tabla A11.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de central nuclear de Almaraz.

Figura A11.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la figura A11.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Serrejón en el último año del periodo de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A11.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A11.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A12.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el municipio de mayor dosis acumulada es Almaraz (2.76E-2 mSv) y el de menor es Robledollano (1.88E-5 mSv).

Finalmente, la figura A11.5 y la tabla A11.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A11.2 (1/3). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Almaraz	1.89E-03	4.26E-03	2.19E-03	1.71E-03	3.42E-03	1.75E-03	4.01E-04	7.92E-04	6.53E-04	1.42E-03
Belvís de Monroy	6.21E-06	3.59E-06	3.11E-06	9.45E-06	1.13E-04	5.10E-05	1.14E-06	2.94E-06	2.32E-06	2.46E-06
Berrocalejo	6.15E-07	2.13E-07	3.50E-07	9.46E-07	1.10E-05	5.06E-06	1.44E-07	3.74E-07	2.94E-07	2.76E-07
Bohonal de Ibor	1.39E-06	5.60E-07	7.69E-07	2.15E-06	2.53E-05	1.15E-05	2.96E-07	7.71E-07	6.06E-07	5.96E-07
Campillo de Deleitosa	1.19E-06	4.93E-07	6.39E-07	1.56E-06	1.53E-05	8.09E-06	2.55E-07	6.34E-07	4.70E-07	4.37E-07
Casas de Miravete	2.21E-04	5.03E-04	2.60E-04	1.94E-04	2.42E-04	1.49E-04	4.73E-05	9.31E-05	7.63E-05	1.67E-04
Casatejada	3.95E-05	2.18E-05	1.93E-05	3.85E-05	2.15E-04	1.86E-04	7.96E-06	1.83E-05	1.21E-05	1.05E-05
Collado	6.72E-06	2.19E-06	3.72E-06	6.60E-06	3.42E-05	3.14E-05	1.66E-06	3.93E-06	2.69E-06	2.09E-06
Deleitosa	1.07E-06	4.10E-07	5.87E-07	1.32E-06	1.18E-05	6.76E-06	2.41E-07	5.93E-07	4.31E-07	3.83E-07
Fresnedoso de Ibor	7.06E-07	2.58E-07	3.92E-07	9.36E-07	9.26E-06	4.86E-06	1.61E-07	4.03E-07	3.00E-07	2.72E-07
Higuera	3.38E-06	1.77E-06	1.70E-06	4.06E-06	3.59E-05	2.08E-05	6.73E-07	1.63E-06	1.16E-06	1.10E-06
Jaraicejo	2.18E-04	5.00E-04	2.58E-04	1.90E-04	2.07E-04	1.28E-04	4.67E-05	9.16E-05	7.53E-05	1.66E-04
Jaraíz de la Vera	6.44E-06	2.08E-06	3.57E-06	6.33E-06	3.28E-05	3.01E-05	1.60E-06	3.79E-06	2.60E-06	2.01E-06
Majadas	1.52E-05	6.10E-06	8.02E-06	1.46E-05	7.43E-05	6.98E-05	3.42E-06	7.99E-06	5.36E-06	4.33E-06
Mesas de Ibor	1.42E-06	6.73E-07	7.49E-07	2.09E-06	2.39E-05	1.12E-05	2.83E-07	7.27E-07	5.62E-07	5.66E-07
Millanes	5.30E-06	3.08E-06	2.64E-06	7.78E-06	8.93E-05	4.17E-05	9.81E-07	2.50E-06	1.94E-06	2.03E-06
Navalmoral de la Mata	2.78E-06	1.39E-06	1.45E-06	4.13E-06	4.76E-05	2.21E-05	5.44E-07	1.39E-06	1.08E-06	1.10E-06
Pasarón de la Vera	5.73E-06	1.79E-06	3.19E-06	5.56E-06	2.72E-05	2.63E-05	1.46E-06	3.46E-06	2.38E-06	1.81E-06
Peraleda de la Mata	1.83E-06	8.21E-07	9.82E-07	2.73E-06	3.14E-05	1.46E-05	3.74E-07	9.62E-07	7.47E-07	7.45E-07
Peraleda de San Román	4.63E-07	1.68E-07	2.61E-07	6.92E-07	7.87E-06	3.68E-06	1.05E-07	2.70E-07	2.10E-07	1.99E-07
Robledollano	4.58E-07	1.54E-07	2.58E-07	6.07E-07	5.97E-06	3.14E-06	1.10E-07	2.75E-07	2.06E-07	1.82E-07
Romangordo	2.23E-04	5.03E-04	2.61E-04	1.96E-04	2.59E-04	1.58E-04	4.76E-05	9.39E-05	7.69E-05	1.67E-04
Rosalejo	1.69E-06	6.17E-07	9.33E-07	2.15E-06	2.01E-05	1.10E-05	3.85E-07	9.56E-07	7.03E-07	6.26E-07
Saucedilla	1.85E-03	4.22E-03	2.18E-03	1.61E-03	1.85E-03	1.17E-03	3.95E-04	7.74E-04	6.36E-04	1.40E-03
Serrejón	1.88E-03	4.48E-03	2.43E-03	1.79E-03	1.77E-03	1.07E-03	4.56E-04	9.04E-04	7.39E-04	1.55E-03
Talayuela	5.81E-06	2.25E-06	3.13E-06	6.13E-06	4.02E-05	3.01E-05	1.32E-06	3.14E-06	2.17E-06	1.81E-06
Tejeda de Tiétar	6.14E-06	1.94E-06	3.42E-06	5.95E-06	2.93E-05	2.82E-05	1.55E-06	3.68E-06	2.52E-06	1.93E-0
Toril	3.02E-04	7.93E-04	5.40E-04	4.23E-04	4.43E-04	2.82E-04	1.18E-04	2.44E-04	1.94E-04	3.38E-04
Torrecillas de la Tiesa	9.47E-07	2.93E-07	5.28E-07	1.13E-06	9.41E-06	5.66E-06	2.50E-07	6.15E-07	4.52E-07	3.67E-07
Torrejón El Rubio	2.17E-04	5.00E-04	2.58E-04	1.89E-04	1.97E-04	1.22E-04	4.65E-05	9.12E-05	7.51E-05	1.65E-04
Torremenga	6.25E-06	1.98E-06	3.48E-06	6.06E-06	2.98E-05	2.87E-05	1.58E-06	3.74E-06	2.56E-06	1.96E-06
Valdecañas de Tajo	3.25E-06	1.77E-06	1.63E-06	4.19E-06	4.14E-05	2.19E-05	6.31E-07	1.55E-06	1.14E-06	1.12E-06
Valdehúncar	1.88E-06	8.14E-07	1.02E-06	2.87E-06	3.38E-05	1.54E-05	3.87E-07	1.00E-06	7.87E-07	7.87E-07

Tabla A11.2 (2/3). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Almaraz	1.49E-03	5.55E-04	6.27E-04	5.38E-04	6.72E-04	7.20E-04	7.32E-04	8.61E-04	7.04E-04	7.29E-04
Belvís de Monroy	4.89E-06	5.13E-06	8.34E-06	4.13E-06	5.81E-06	8.01E-06	7.08E-06	5.23E-06	5.55E-06	5.36E-06
Berrocalejo	6.09E-07	7.31E-07	1.12E-06	5.59E-07	7.45E-07	9.69E-07	9.68E-07	7.66E-07	7.25E-07	7.65E-07
Bohonal de Ibor	1.26E-06	1.44E-06	2.26E-06	1.12E-06	1.51E-06	2.02E-06	1.94E-06	1.50E-06	1.45E-06	1.50E-06
Campillo de Deleitosa	9.75E-07	1.22E-06	1.90E-06	9.53E-07	1.31E-06	1.72E-06	1.65E-06	1.29E-06	1.26E-06	1.29E-06
Casas de Miravete	1.74E-04	6.52E-05	7.22E-05	6.30E-05	7.80E-05	8.20E-05	8.55E-05	1.02E-04	8.23E-05	8.62E-05
Casatejada	2.50E-05	3.54E-05	5.61E-05	2.90E-05	4.17E-05	5.34E-05	4.92E-05	3.85E-05	3.99E-05	3.88E-05
Collado	5.49E-06	8.24E-06	1.25E-05	6.41E-06	8.76E-06	1.08E-05	1.10E-05	9.00E-06	8.48E-06	8.92E-06
Deleitosa	8.90E-07	1.17E-06	1.80E-06	9.12E-07	1.25E-06	1.61E-06	1.58E-06	1.25E-06	1.20E-06	1.25E-06
Fresnedoso de Ibor	6.21E-07	7.92E-07	1.22E-06	6.13E-07	8.32E-07	1.08E-06	1.06E-06	8.40E-07	8.02E-07	8.39E-07
Higuera	2.42E-06	3.05E-06	4.85E-06	2.46E-06	3.48E-06	4.57E-06	4.21E-06	3.24E-06	3.33E-06	3.28E-06
Jaraicejo	1.72E-04	6.25E-05	6.77E-05	6.07E-05	7.47E-05	7.76E-05	8.17E-05	9.93E-05	7.91E-05	8.32E-05
Jaraíz de la Vera	5.30E-06	7.97E-06	1.20E-05	6.19E-06	8.45E-06	1.04E-05	1.06E-05	8.70E-06	8.19E-06	8.62E-06
Majadas	1.10E-05	1.62E-05	2.49E-05	1.28E-05	1.79E-05	2.25E-05	2.21E-05	1.77E-05	1.71E-05	1.76E-05
Mesas de Ibor	1.18E-06	1.33E-06	2.11E-06	1.05E-06	1.44E-06	1.95E-06	1.81E-06	1.37E-06	1.38E-06	1.39E-06
Millanes	4.08E-06	4.39E-06	7.14E-06	3.55E-06	5.01E-06	6.86E-06	6.08E-06	4.51E-06	4.79E-06	4.62E-06
Navalmoral de la Mata	2.27E-06	2.52E-06	4.02E-06	1.99E-06	2.77E-06	3.76E-06	3.45E-06	2.60E-06	2.64E-06	2.64E-06
Pasarón de la Vera	4.84E-06	7.35E-06	1.10E-05	5.70E-06	7.75E-06	9.48E-06	9.78E-06	8.05E-06	7.54E-06	7.96E-06
Peraleda de la Mata	1.56E-06	1.77E-06	2.80E-06	1.39E-06	1.90E-06	2.56E-06	2.41E-06	1.84E-06	1.82E-06	1.85E-06
Peraleda de San Román	4.36E-07	5.22E-07	8.05E-07	4.01E-07	5.39E-07	7.07E-07	6.97E-07	5.47E-07	5.21E-07	5.47E-07
Robledollano	4.24E-07	5.53E-07	8.42E-07	4.25E-07	5.72E-07	7.29E-07	7.35E-07	5.89E-07	5.56E-07	5.86E-07
Romangordo	1.75E-04	6.68E-05	7.47E-05	6.42E-05	7.96E-05	8.41E-05	8.77E-05	1.04E-04	8.38E-05	8.79E-05
Rosalejo	1.45E-06	1.89E-06	2.91E-06	1.47E-06	2.00E-06	2.57E-06	2.54E-06	2.02E-06	1.92E-06	2.01E-06
Saucedilla	1.45E-03	5.33E-04	5.84E-04	5.18E-04	6.42E-04	6.71E-04	6.99E-04	8.43E-04	6.78E-04	7.09E-04
Serrejón	1.62E-03	6.15E-04	6.82E-04	6.16E-04	7.25E-04	7.29E-04	7.80E-04	9.85E-04	7.86E-04	8.46E-04
Talayuela	4.46E-06	6.34E-06	9.74E-06	4.98E-06	6.89E-06	8.73E-06	8.59E-06	6.86E-06	6.61E-06	6.84E-06
Tejeda de Tiétar	5.13E-06	7.78E-06	1.17E-05	6.03E-06	8.22E-06	1.01E-05	1.04E-05	8.51E-06	7.99E-06	8.42E-06
Toril	3.69E-04	1.88E-04	2.35E-04	1.95E-04	2.11E-04	2.03E-04	2.23E-04	2.89E-04	2.37E-04	2.67E-04
Torrecillas de la Tiesa	9.24E-07	1.30E-06	1.95E-06	9.99E-07	1.33E-06	1.63E-06	1.70E-06	1.41E-06	1.32E-06	1.39E-06
Torrejón El Rubio	1.71E-04	6.20E-05	6.69E-05	6.03E-05	7.40E-05	7.66E-05	8.09E-05	9.88E-05	7.85E-05	8.27E-05
Torremenga	5.21E-06	7.90E-06	1.19E-05	6.13E-06	8.35E-06	1.02E-05	1.05E-05	8.64E-06	8.11E-06	8.55E-06
Valdecañas de Tajo	2.38E-06	2.85E-06	4.56E-06	2.30E-06	3.25E-06	4.33E-06	3.93E-06	2.99E-06	3.10E-06	3.03E-06
Valdehúncar	1.65E-06	1.85E-06	2.92E-06	1.44E-06	1.97E-06	2.65E-06	2.51E-06	1.91E-06	1.88E-06	1.93E-06

Tabla A11.2 (3/3). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	2001	2002	2003
Almaraz	6.30E-04	4.40E-04	3.98E-04
Belvís de Monroy	5.19E-06	5.60E-06	2.28E-06
Berrocalejo	7.49E-07	8.15E-07	3.15E-07
Bohonal de Ibor	1.47E-06	1.59E-06	6.23E-07
Campillo de Deleitosa	1.26E-06	1.37E-06	5.34E-07
Casas de Miravete	7.45E-05	5.19E-05	4.69E-05
Casatejada	3.78E-05	4.11E-05	1.63E-05
Collado	8.76E-06	9.57E-06	3.65E-06
Deleitosa	1.22E-06	1.33E-06	5.14E-07
Fresnedoso de Ibor	8.20E-07	8.93E-07	3.45E-07
Higuera	3.19E-06	3.46E-06	1.38E-06
Jaraicejo	7.16E-05	4.88E-05	4.56E-05
Jaraíz de la Vera	8.46E-06	9.25E-06	3.53E-06
Majadas	1.72E-05	1.88E-05	7.26E-06
Mesas de Ibor	1.35E-06	1.46E-06	5.81E-07
Millanes	4.47E-06	4.83E-06	1.96E-06
Navalmoral de la Mata	2.56E-06	2.77E-06	1.11E-06
Pasarón de la Vera	7.82E-06	8.55E-06	3.26E-06
Peraleda de la Mata	1.80E-06	1.95E-06	7.72E-07
Peraleda de San Román	5.34E-07	5.81E-07	2.25E-07
Robledollano	5.74E-07	6.26E-07	2.41E-07
Romangordo	7.61E-05	5.38E-05	4.76E-05
Rosalejo	1.97E-06	2.14E-06	8.28E-07
Saucedilla	6.10E-04	4.20E-04	3.88E-04
Serrejón	7.12E-04	4.61E-04	4.69E-04
Talayuela	6.69E-06	7.30E-06	2.82E-06
Tejeda de Tiétar	8.27E-06	9.04E-06	3.45E-06
Toril	2.20E-04	1.40E-04	1.47E-04
Torrecillas de la Tiesa	1.37E-06	1.50E-06	5.72E-07
Torrejón El Rubio	7.11E-05	4.83E-05	4.54E-05
Torremenga	8.40E-06	9.18E-06	3.50E-06
Valdecañas de Tajo	2.95E-06	3.19E-06	1.28E-06
Valdehúncar	1.88E-06	2.04E-06	8.02E-07

Figura A11.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Serrejón, año 2003 ***(Total: 4.55E-04 mSv)***

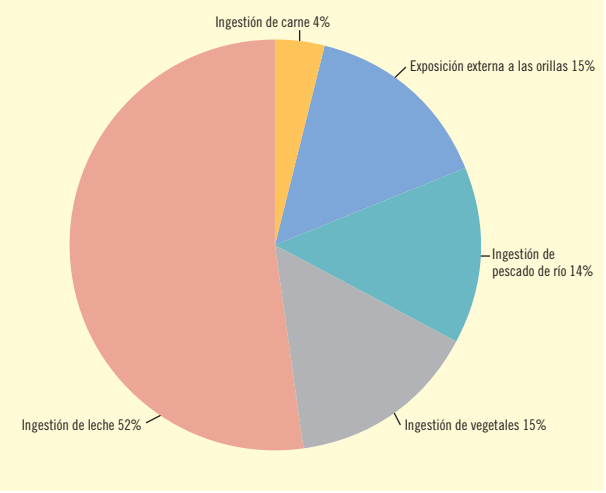


Figura A11.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Serrejón, año 2003 ***(Total: 6.49E-06 mSv)***

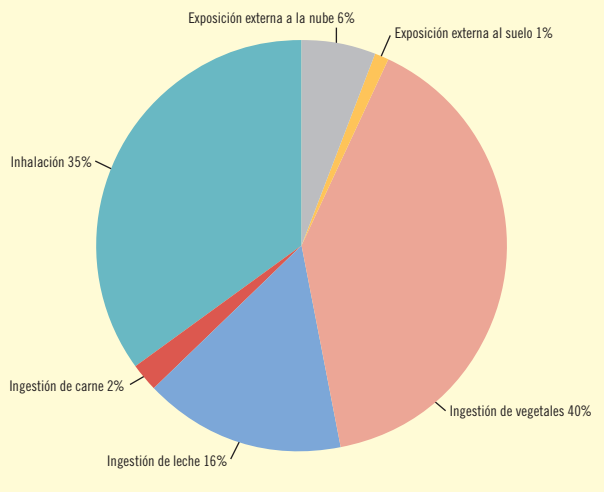


Figura A11.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003

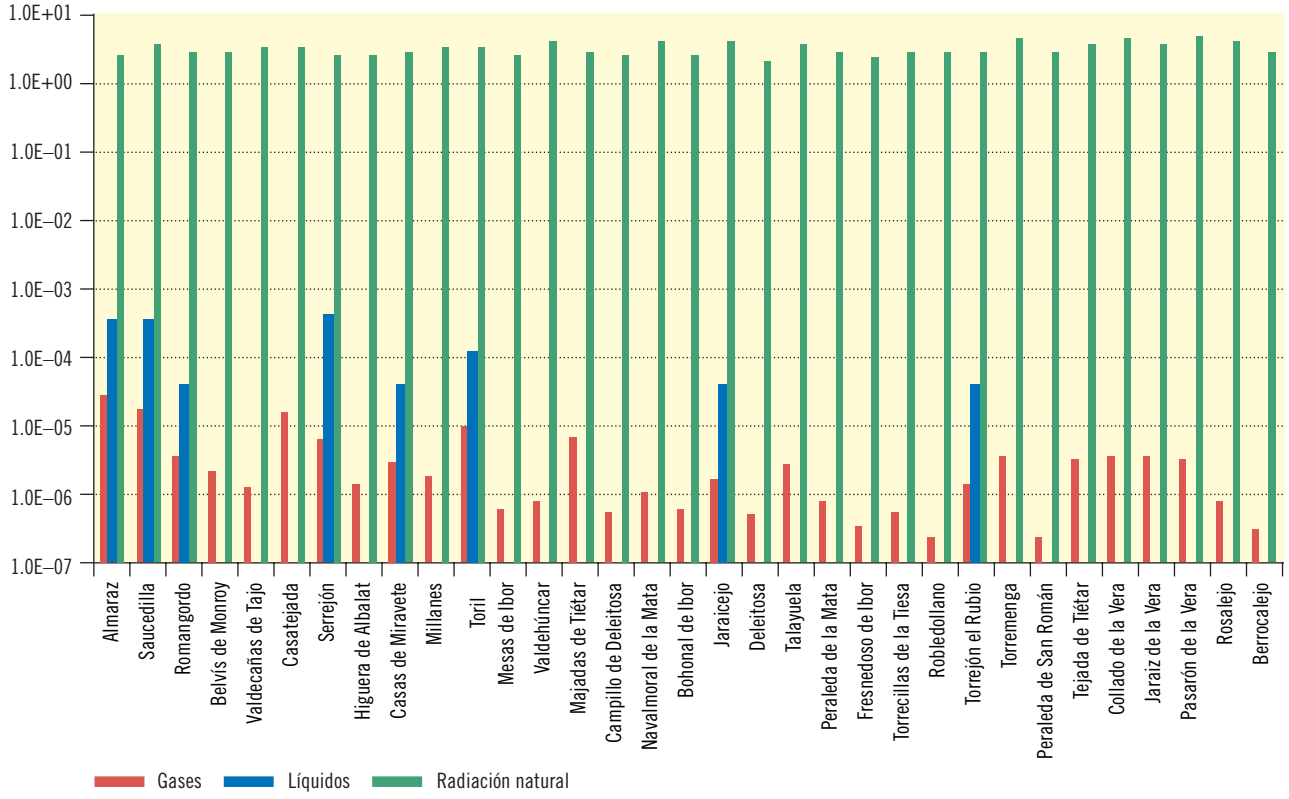


Figura A11.4. Distribución espacial de la dosis acumulada recibida por el individuo adulto por causa de la central nuclear de Almaraz en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1981-2003

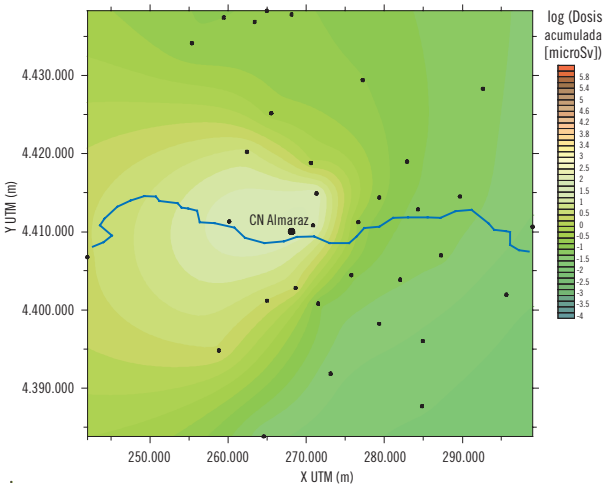


Figura A11.5. Distribución espacial de la dosis acumulada recibida por el individuo adulto por radiación naturalen el entorno de 30 km (microSv) en el período 1981-2003

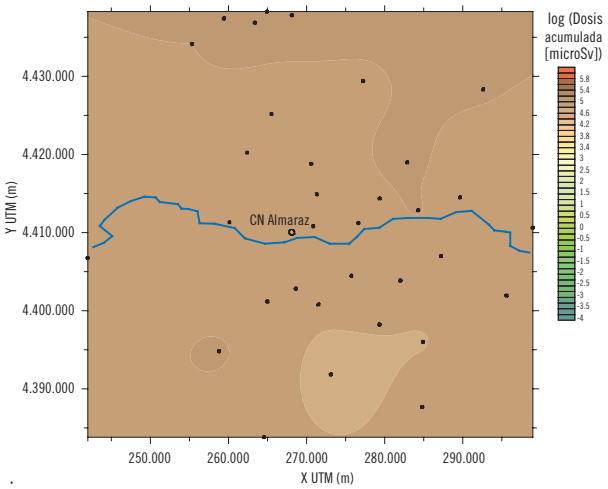


Tabla A11.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Almaraz	2.76E-02
Saucedilla	2.48E-02
Romangordo	3.07E-03
Belvís de Monroy	2.67E-04
Valdecañas de Tajo	1.19E-04
Casatejada	1.07E-03
Serrejón	2.71E-02
Higuera de Albalat	1.15E-04
Casas de Miravete	3.02E-03
Millanes	2.20E-04
Toril	6.60E-03
Mesas de Ibor	6.05E-05
Valdehúncar	8.42E-05
Majadas de Tiétar	4.32E-04
Campillo de Deleitosa	4.58E-05
Navalmoral de la Mata	1.19E-04
Bohonal de Ibor	6.36E-05

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Jaraicejo	2.90E-03
Deleitosa	3.96E-05
Talayuela	1.83E-04
Peraleda de la Mata	7.97E-05
Fresnedoso de Ibor	2.83E-05
Torrecillas de la Tiesa	3.70E-05
Robledollano	1.88E-05
Torrejón El Rubio	2.88E-03
Torremenga	1.93E-04
Peraleda de San Román	2.10E-05
Tejeda de Tiétar	1.90E-04
Collado de la Vera	2.07E-04
Jaraíz de la Vera	1.99E-04
Pasarón de la Vera	1.78E-04
Rosalejo	6.49E-05
Berrocalejo	2.91E-05

Tabla A11.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1981-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Almaraz	0,9	0,05	0,26	0,14	0,83	0,32	0,48	2,98	68,54
Belvis de Monroy	1	0,05	0,26	0,17	0,98	0,33	0,48	3,27	75,21
Berrocalejo	1	0,05	0,26	0,18	1,04	0,33	0,48	3,34	76,82
Bohonal de Ibor	0,8	0,05	0,26	0,17	0,98	0,33	0,48	3,07	70,61
Campillo de Deleitosa	0,8	0,05	0,26	0,13	0,76	0,34	0,48	2,82	64,86
Casas de Miravete	1	0,05	0,26	0,15	0,87	0,34	0,48	3,15	72,45
Casatejada	0,9	0,05	0,26	0,27	1,57	0,32	0,48	3,85	88,55
Collado de la Vera	1,9	0,05	0,26	0,32	1,91	0,35	0,48	5,27	121,21
Deleitosa	0,5	0,05	0,26	0,1	0,6	0,35	0,48	2,34	53,82
Fresnedoso de Ibor	0,8	0,05	0,26	0,12	0,71	0,35	0,48	2,71	62,33
Higuera de Albalat	1	0,05	0,26	0,11	0,66	0,34	0,48	2,9	66,70
Jaraicejo	2,8	0,05	0,26	0,11	0,66	0,35	0,48	4,7	108,10
Jaraiz de la Vera	1,2	0,05	0,26	0,31	1,8	0,35	0,48	4,45	102,35
Majadas de Tiétar	0,9	0,05	0,26	0,19	1,1	0,31	0,48	3,29	75,67
Mesas de Ibor	0,7	0,05	0,26	0,17	0,97	0,34	0,48	2,97	68,31
Millanes	1,5	0,05	0,26	0,2	1,15	0,33	0,48	3,97	91,31
Navalmoral de la Mata	1,9	0,05	0,26	0,26	1,51	0,32	0,48	4,78	109,94
Pasarón de la Vera	2,4	0,05	0,26	0,33	1,96	0,36	0,48	5,84	134,32
Peraleda de la Mata	1	0,05	0,26	0,14	0,83	0,32	0,48	3,08	70,84
Peraleda de San Román	0,9	0,05	0,26	0,18	1,03	0,34	0,48	3,24	74,52
Robledollano	1,2	0,05	0,26	0,11	0,63	0,38	0,48	3,11	71,53
Romangordo	1	0,05	0,26	0,15	0,87	0,33	0,48	3,14	72,22
Rosalejo		0,05	0,26				0,48	4,5	103,50
Saucedilla	1,5	0,05	0,26	0,22	1,31	0,31	0,48	4,13	94,99
Serrejón	0,9	0,05	0,26	0,14	0,83	0,32	0,48	2,98	68,54
Talayuela	1	0,05	0,26	0,29	1,72	0,32	0,48	4,12	94,76
Tejeda de Tiétar	2	0,05	0,26	0,22	1,29	0,34	0,48	4,34	99,82
Toril	1,4	0,05	0,26	0,23	1,33	0,31	0,48	4,06	93,38
Torrecillas de la Tiesa	0,9	0,05	0,26	0,16	0,92	0,35	0,48	3,12	71,76
Torrejón el Rubio	1	0,05	0,26	0,17	0,97	0,32	0,48	3,25	74,75
Torremenga	2,1	0,05	0,26	0,31	1,81	0,35	0,48	5,36	123,28
Valdecañas de Tajo	1,7	0,05	0,26	0,13	0,77	0,33	0,48	3,72	85,56
Valdehúncar	1,9	0,05	0,26	0,22	1,3	0,33	0,48	4,54	104,42

Tabla A11.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
10	Cáceres	19	Almaraz	1.907	ENE
		26	Belvís de Monroy	7.625	E
		28	Berrocalejo	29.860	E
		30	Bohonal de Ibor	18.380	E
		42	Campillo de Deleitosa	15.624	SE
		57	Casas de Miravete	9.784	SSW
		58	Casatejada	8.899	N
		65	Collado	27.777	N
		70	Deleitosa	18.637	SSE
		75	Fresnedoso de Ibor	21.128	SE
		97	Higuera	9.560	SSE
		103	Jaraicejo	18.406	SW
		104	Jaraíz de la Vera	28.536	N
		114	Majadas	15.552	NNW
		120	Mesas de Ibor	14.317	ESE
		122	Millanes	11.125	ENE
		131	Navalmoral de la Mata	16.424	ENE
		138	Pasarón de la Vera	29.026	NNW
		140	Peraleda de la Mata	21.044	ENE
		141	Peraleda de San Román	27.710	ESE
		159	Robledollano	27.322	SE
		160	Romangordo	7.251	S
		901	Rosalejo	29771	NE
		173	Saucedilla	5.335	NNE
		176	Serrejón	9.082	W
		180	Talayuela	20.994	NNE
		181	Tejeda de Tiétar	27.748	NNW
		182	Toril	12.208	NNW
		186	Torrecillas de la Tiesa	26.617	S
		190	Torrejón el Rubio	27.350	W
		191	Torremenga	27.423	NNW
		197	Valdecañas de Tajo	8.678	SE
		199	Valdehúncar	15.431	E

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A11.6 y A11.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A11.6 y A11.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) para los años 1986 al 2003. Los datos de años anteriores a 1986 se han recopilado de los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) correspondientes a esos años.

Figura A11.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

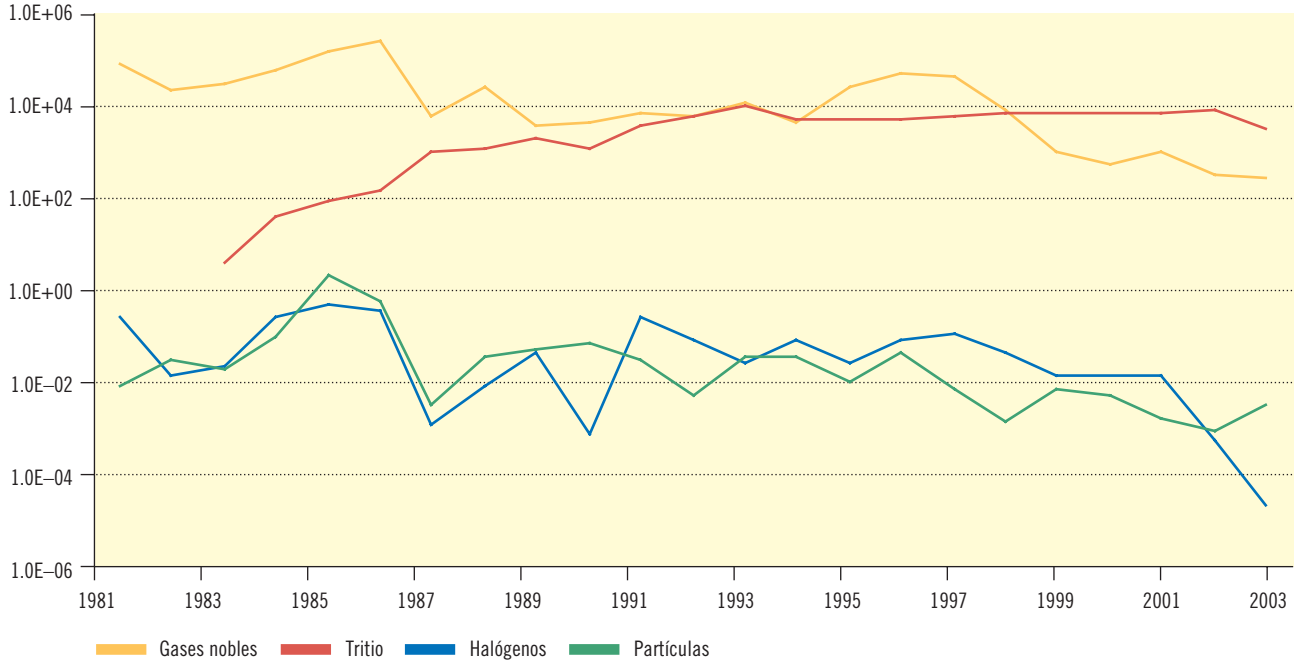


Figura A11.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

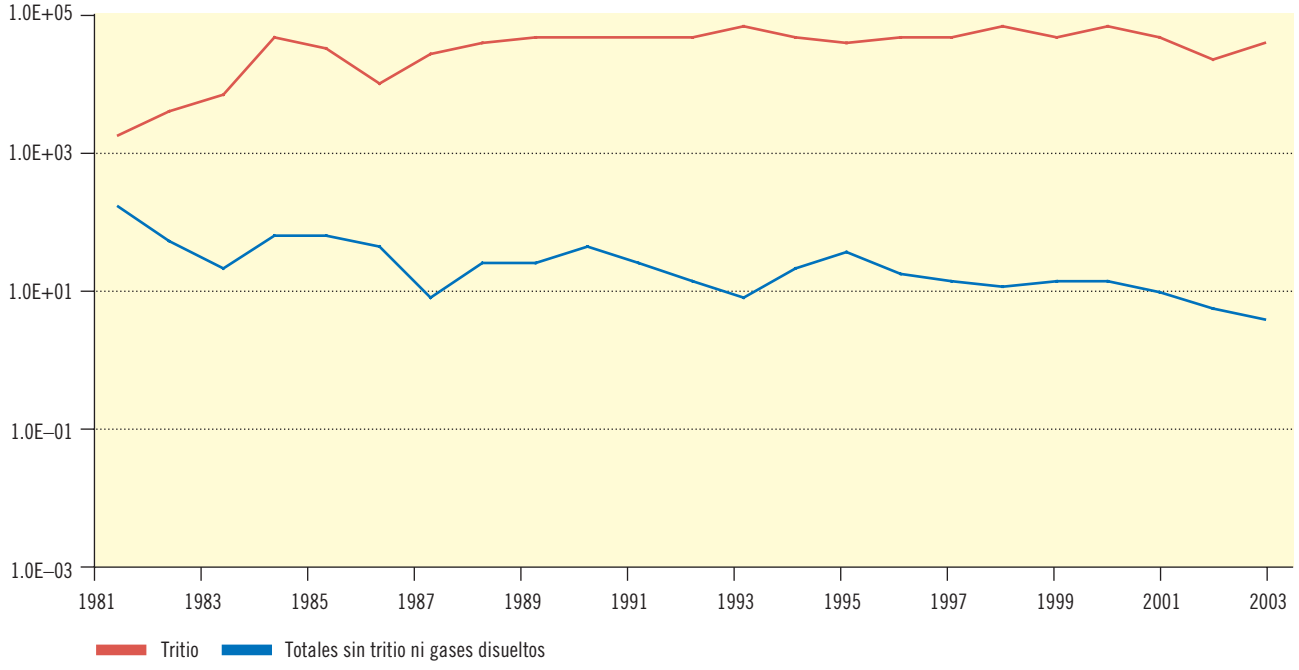


Tabla A11.6 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ar-41	0.00E+00	2.13E+12	0.00E+00	1.21E+10	3.36E+10	4.38E+10	2.08E+09	5.52E+09	4.09E+08	3.85E+09	1.24E+10	2.08E+10
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+02
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.65E+02
Co-58	5.13E+06	5.92E+06	2.92E+06	3.11E+07	7.33E+08	1.72E+08	1.21E+06	2.62E+07	3.80E+07	4.82E+07	1.09E+07	1.17E+06
Co-60	9.27E+05	3.12E+06	6.02E+06	4.79E+07	1.13E+09	3.46E+08	5.49E+05	4.37E+06	8.23E+06	1.35E+07	1.44E+07	3.66E+06
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.81E+05
Cs-134	6.19E+05	2.87E+06	6.36E+04	3.13E+06	1.44E+08	1.86E+07	3.69E+05	2.93E+06	1.86E+06	1.56E+06	1.82E+06	2.15E+04
Cs-136	5.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.06E+02
Cs-137	4.93E+05	1.79E+07	8.03E+06	1.08E+07	2.63E+08	7.44E+07	6.14E+05	4.61E+06	2.86E+06	4.11E+06	3.24E+06	1.82E+05
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	2.06E+05	3.00E+04	2.12E+04	8.18E+05	1.93E+07	4.49E+06	1.23E+05	9.76E+05	5.73E+05	4.63E+05	6.08E+05	0.00E+00
H-3	0.00E+00	0.00E+00	4.72E+09	3.99E+10	1.00E+11	1.57E+11	1.05E+12	1.36E+12	2.07E+12	1.30E+12	4.18E+12	6.97E+12
I-131	1.76E+08	6.72E+06	6.14E+06	2.14E+08	4.26E+08	3.15E+08	5.78E+05	3.57E+06	1.51E+06	6.06E+05	1.24E+08	2.57E+07
I-132	0.00E+00	0.00E+00	4.22E+06	2.75E+07	3.57E+07	0.00E+00	0.00E+00	5.16E+04	4.11E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.18E+07
I-133	1.00E+08	8.98E+06	1.05E+07	3.03E+07	3.87E+07	3.84E+07	7.95E+05	4.70E+06	1.04E+06	1.88E+05	1.59E+08	3.55E+06
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.72E+04	3.38E+04	0.00E+00	0.00E+00	5.03E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.45E+04
I-135	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+06	2.72E+04	3.38E+04	0.00E+00	0.00E+00	4.47E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.17E+04
Kr-85	2.56E+13	4.16E+12	1.92E+12	2.45E+12	7.05E+12	7.52E+12	1.59E+12	2.67E+12	8.48E+11	7.43E+11	1.24E+12	0.00E+00
Kr-85 m	3.80E+11	6.22E+10	1.30E+11	3.62E+11	1.01E+12	1.75E+12	3.57E+10	4.59E+10	1.46E+10	4.50E+10	4.05E+10	1.88E+10
Kr-87	1.24E+11	2.01E+10	9.30E+09	3.08E+11	8.58E+11	1.54E+12	2.46E+10	1.99E+10	5.87E+09	4.57E+10	3.29E+10	2.56E+10
Kr-88	8.97E+11	1.46E+11	6.71E+10	5.07E+11	1.42E+12	2.41E+12	6.94E+10	1.01E+11	3.12E+10	7.62E+10	7.26E+10	2.67E+10
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+02
Mn-54	6.19E+05	8.89E+05	7.46E+04	7.14E+06	1.74E+08	4.85E+07	3.69E+05	2.93E+06	2.96E+06	1.63E+06	1.82E+06	8.01E+04
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.06E+03
Na-24	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.01E+02
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.55E+05	0.00E+00	4.44E+04
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	4.34E+04	1.33E+05	2.88E+06	1.31E+05	3.10E+06	9.18E+05	7.25E+03	8.22E+03	1.50E+04	3.46E+03	9.89E+03	0.00E+00
Sr-90	1.10E+04	2.67E+03	2.34E+03	3.03E+04	7.14E+05	2.21E+05	1.73E+03	1.98E+03	3.60E+03	8.33E+02	2.37E+03	1.06E+05
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.06E+03
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	5.15E+11	8.36E+10	3.86E+10	4.83E+10	1.39E+11	1.51E+11	2.86E+10	5.37E+10	1.95E+10	1.26E+10	2.31E+10	0.00E+00
Xe-133	6.00E+13	1.84E+13	3.08E+13	5.29E+13	1.48E+14	2.38E+14	4.40E+12	2.65E+13	2.86E+12	3.31E+12	5.53E+12	6.52E+12
Xe-133 m	6.39E+11	9.84E+09	4.79E+10	7.25E+10	2.08E+11	2.65E+11	3.56E+10	6.67E+10	2.12E+10	1.57E+10	2.86E+10	0.00E+00
Xe-135	1.44E+12	2.50E+11	2.85E+12	2.44E+12	6.80E+12	1.20E+13	2.07E+11	2.26E+11	9.20E+10	3.09E+11	2.64E+11	1.87E+11
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.28E+12	3.56E+12	6.27E+12	1.68E+11	8.78E+10	5.34E+10	2.06E+11	2.08E+11	2.51E+11
Xe-138	1.25E+11	2.01E+10	9.30E+09	7.25E+10	2.03E+11	3.02E+11	3.08E+10	1.99E+10	4.94E+09	2.19E+10	1.78E+10	1.44E+10
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.55E+05	0.00E+00	4.44E+04

Tabla A11.6 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	1.07E+11	2.77E+11	5.45E+11	2.40E+11	5.98E+10	1.14E+11	8.62E+11	2.24E+11	2.11E+11	1.83E+11	1.95E+11
Ba-140	0.00E+00	8.20E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	5.60E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.50E+07	1.70E+07	5.32E+06	1.92E+07	4.99E+06	7.77E+05	3.40E+06	1.30E+06	3.35E+05	8.45E+04	1.01E+06
Co-60	1.01E+07	1.66E+06	7.93E+05	5.03E+06	8.99E+05	2.03E+05	5.76E+05	1.48E+06	3.83E+05	6.27E+05	8.15E+05
Cr-51	9.84E+06	1.41E+07	2.86E+06	1.23E+07	8.85E+05	4.11E+05	1.03E+06	1.68E+06	6.52E+05	2.99E+03	4.43E+05
Cs-134	0.00E+00	3.26E+04	0.00E+00	2.61E+05	8.15E+04	4.38E+01	4.14E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.07E+05	8.10E+04	0.00E+00	6.44E+05	1.48E+05	8.67E+01	1.13E+04	2.17E+04	0.00E+00	0.00E+00	2.33E+05
Cs-138	0.00E+00	8.98E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	6.09E+05	2.97E+05	1.66E+05	5.49E+05	8.68E+04	0.00E+00	1.06E+05	6.21E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	1.01E+13	5.45E+12	5.66E+12	5.26E+12	6.37E+12	7.58E+12	7.66E+12	8.10E+12	7.97E+12	8.78E+12	3.32E+12
I-131	1.10E+07	1.42E+07	1.31E+07	8.87E+07	9.49E+07	6.28E+06	1.37E+07	1.67E+06	1.24E+07	4.65E+05	2.31E+04
I-132	3.46E+06	9.32E+04	1.14E+07	1.90E+06	1.28E+07	4.11E+07	0.00E+00	1.33E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.28E+07	7.75E+07	2.70E+06	2.18E+06	6.45E+06	1.07E+04	2.32E+03	1.07E+05	3.31E+06	1.28E+05	0.00E+00
I-134	0.00E+00	7.25E+04	3.06E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	7.93E+04	3.75E+04	5.20E+03	4.01E+05	4.82E+03	0.00E+00	7.46E+04	1.55E+04	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.16E+11	9.53E+10	1.17E+10	0.00E+00	3.43E+11	5.40E+10	2.83E+10	1.08E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.20E+10
Kr-85 m	1.30E+11	2.36E+10	8.28E+10	2.81E+11	6.66E+10	0.00E+00	1.10E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	1.40E+11	3.02E+10	1.01E+11	3.07E+11	7.96E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.08E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.63E+11	3.15E+10	1.12E+11	3.55E+11	8.83E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.03E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	8.20E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	1.24E+06	7.52E+05	4.07E+05	1.73E+06	4.57E+05	5.57E+04	2.34E+05	2.03E+05	5.06E+04	2.38E+04	3.10E+04
Mo-99	0.00E+00	1.70E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	0.00E+00	2.18E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.27E+04	0.00E+00	0.00E+00	4.77E+01	0.00E+00
Nb-95	1.59E+06	1.72E+06	6.38E+05	1.14E+06	1.90E+05	0.00E+00	9.12E+04	2.68E+05	1.01E+05	6.63E+02	1.04E+05
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.94E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.29E+03	1.50E+05
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	3.68E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	0.00E+00	1.70E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+04	0.00E+00	0.00E+00	7.45E+03
Xe-131 m	2.71E+10	0.00E+00	0.00E+00	3.42E+10	7.92E+10	1.39E+11	4.71E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.06E+13	3.65E+12	2.69E+13	4.79E+13	4.42E+13	9.37E+12	2.93E+11	9.91E+10	9.43E+11	1.84E+11	7.63E+10
Xe-133 m	7.34E+10	1.13E+10	4.53E+10	2.24E+11	9.45E+10	1.66E+10	3.01E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.06E+12	2.47E+11	6.90E+11	2.06E+12	1.01E+12	1.32E+10	8.15E+09	2.27E+11	1.73E+09	6.81E+08	2.65E+08
Xe-135 m	6.22E+11	4.35E+11	1.10E+12	1.35E+12	6.41E+11	2.53E+08	9.10E+08	0.00E+00	1.06E+08	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	7.41E+10	3.30E+10	9.34E+10	1.79E+11	7.18E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.79E+07
Zr-95	1.59E+06	1.72E+06	6.38E+05	1.14E+06	1.90E+05	0.00E+00	9.12E+04	2.68E+05	1.01E+05	6.63E+02	1.04E+05

Tabla A11.7 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+08	2.71E+08	1.10E+07	3.73E+07	5.06E+07	1.70E+08	3.42E+07	1.75E+06	5.04E+06
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.55E+07
Ba-140	8.65E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+07
Ce-141	5.38E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	2.82E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.87E+06
Co-58	3.78E+10	1.76E+10	2.49E+09	1.30E+10	2.51E+09	1.20E+10	2.90E+09	5.83E+09	6.70E+09	5.18E+09	4.30E+09	4.38E+09
Co-60	1.76E+10	5.73E+09	2.73E+09	8.77E+09	1.03E+10	8.00E+09	1.95E+09	3.61E+09	3.52E+09	6.37E+09	4.14E+09	3.23E+09
Cr-51	2.64E+09	0.00E+00	0.00E+00	1.19E+09	2.32E+09	1.56E+09	0.00E+00	1.92E+08	5.75E+08	4.66E+08	1.12E+09	9.34E+08
Cs-134	3.60E+08	1.30E+09	7.40E+08	1.52E+09	2.34E+09	5.31E+08	4.63E+08	1.13E+09	8.43E+08	4.82E+09	1.26E+09	3.18E+08
Cs-136	0.00E+00	1.01E+07	1.11E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.60E+06	8.39E+05	9.86E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.03E+06
Cs-137	6.32E+08	4.41E+09	2.23E+09	3.28E+09	6.39E+09	1.66E+09	7.54E+08	2.18E+09	1.81E+09	2.82E+09	2.03E+09	7.89E+08
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.57E+07	4.86E+06	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	6.43E+08	0.00E+00	1.65E+06	6.82E+08	1.33E+09	1.29E+09	1.92E+07	9.54E+06	1.02E+07	4.09E+07	2.24E+07	3.88E+07
H-3	3.92E+12	7.59E+12	1.14E+13	5.26E+13	3.61E+13	1.50E+13	3.11E+13	4.70E+13	4.90E+13	4.72E+13	4.86E+13	5.37E+13
I-131	3.99E+09	1.48E+05	3.64E+08	1.70E+09	3.30E+09	2.63E+09	2.70E+08	2.62E+08	1.49E+08	9.56E+08	3.97E+08	1.33E+08
I-132	6.80E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.41E+07	1.32E+06	5.35E+08	6.78E+08	1.42E+08
I-133	1.74E+09	0.00E+00	1.04E+07	6.97E+07	1.36E+08	1.25E+07	4.38E+07	3.85E+07	4.18E+07	9.92E+08	6.97E+08	7.15E+08
I-134	1.01E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.31E+08	6.35E+08	1.17E+08
I-135	5.76E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E+06	2.99E+06	3.24E+08	7.52E+08	2.66E+08
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	3.70E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	1.88E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	4.48E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	8.65E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+07
Mn-54	6.03E+08	4.78E+08	1.86E+08	7.79E+08	1.51E+09	9.84E+08	2.29E+08	1.43E+08	6.03E+07	3.64E+08	3.39E+08	1.89E+08
Mo-99	1.78E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07
Na-24	2.88E+09	0.00E+00	2.20E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.14E+09	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	4.55E+08	0.00E+00	0.00E+00	8.13E+07	1.58E+08	8.05E+07	5.94E+06	2.30E+07	4.85E+07	2.69E+07	8.44E+07	1.30E+08
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	3.13E+06	0.00E+00	3.47E+09	1.91E+09	3.50E+08	2.37E+06	8.31E+06	2.23E+07	4.90E+06	7.86E+07	5.08E+06
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.13E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	2.45E+08	2.67E+08	6.40E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.91E+08	3.13E+09	2.07E+08	0.00E+00	5.62E+07
Sr-90	8.91E+08	2.02E+09	4.35E+09	3.70E+09	4.78E+09	3.26E+08	1.01E+09	4.33E+09	1.53E+09	3.10E+09	6.33E+08	6.86E+08
Tc-99 m	1.78E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.19E+06
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	9.71E+11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.95E+09
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	1.41E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+09
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	4.25E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+08
Zn-65	4.59E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	4.55E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.91E+08	4.05E+08	6.85E+08	5.94E+06	2.30E+07	4.85E+07	2.69E+07	3.97E+08	1.30E+08

Tabla A11.7 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	3.68E+05	4.46E+06	1.76E+07	2.88E+07	1.68E+08	1.66E+08	3.55E+08	2.95E+08	9.44E+08	3.77E+08	2.01E+08
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.01E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.30E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	8.56E+05	2.03E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+06	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	9.66E+06	8.73E+06	1.00E+07	1.59E+06	9.06E+06	7.04E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	3.56E+09	4.62E+09	4.66E+09	4.11E+09	4.00E+09	2.23E+09	2.54E+09	1.46E+09	7.03E+08	7.06E+08	7.04E+08
Co-60	1.90E+09	2.04E+09	2.53E+09	2.98E+09	2.31E+09	2.37E+09	2.07E+09	1.89E+09	1.70E+09	1.57E+09	1.22E+09
Cr-51	2.10E+08	1.38E+09	8.04E+08	1.76E+08	3.88E+08	6.04E+08	4.68E+08	3.64E+08	2.63E+08	1.50E+08	1.17E+08
Cs-134	1.56E+08	2.45E+08	9.13E+08	9.03E+08	1.09E+09	6.44E+08	1.42E+08	2.52E+08	2.29E+08	1.83E+08	9.71E+07
Cs-136	3.72E+06	8.13E+05	2.53E+06	7.67E+06	4.70E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.01E+06
Cs-137	4.79E+08	7.19E+08	1.81E+09	1.88E+09	1.77E+09	1.49E+09	4.71E+08	1.05E+09	1.10E+09	7.59E+08	6.65E+08
Cs-138	0.00E+00	3.03E+07	4.46E+06	3.50E+07	0.00E+00	1.67E+06	1.95E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	1.58E+07	1.84E+07	7.93E+07	9.42E+06	2.92E+07	3.90E+07	1.19E+08	5.97E+06	0.00E+00	2.97E+06	0.00E+00
H-3	7.06E+13	5.13E+13	4.28E+13	4.93E+13	5.41E+13	6.74E+13	4.86E+13	6.74E+13	4.92E+13	2.90E+13	4.51E+13
I-131	1.54E+08	1.57E+08	1.08E+09	8.01E+08	2.22E+08	3.00E+07	2.22E+05	2.44E+05	3.22E+07	4.33E+06	7.83E+07
I-132	5.35E+07	1.47E+09	1.70E+09	1.80E+08	5.33E+06	1.18E+07	0.00E+00	4.77E+06	1.28E+07	2.53E+06	9.19E+05
I-133	1.88E+08	2.02E+09	2.78E+09	3.47E+08	5.04E+07	2.73E+06	2.55E+05	0.00E+00	5.14E+06	2.95E+06	7.04E+07
I-134	4.92E+07	1.17E+09	1.64E+09	1.11E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.40E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	7.93E+07	1.19E+09	1.82E+09	1.99E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.14E+06
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.30E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	7.94E+07	2.12E+08	3.02E+08	4.24E+08	2.83E+08	3.10E+08	4.02E+08	4.01E+08	2.00E+08	1.61E+08	8.06E+07
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+06	0.00E+00	1.76E+07	1.33E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.74E+07
Na-24	0.00E+00	1.95E+07	1.33E+07	2.39E+07	8.60E+07	9.44E+06	9.18E+07	7.10E+07	1.52E+07	5.86E+06	7.41E+06
Nb-95	5.47E+07	2.11E+08	3.24E+08	1.72E+08	1.15E+08	3.14E+07	1.61E+08	1.43E+08	6.64E+07	1.42E+08	7.02E+07
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+06	2.23E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.19E+08	0.00E+00	0.00E+00	8.06E+06	1.99E+06
Sb-124	0.00E+00	4.52E+07	2.17E+07	5.96E+07	7.03E+07	4.27E+08	4.26E+09	3.34E+09	8.25E+08	5.45E+08	3.71E+08
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+09	1.71E+09	1.95E+09	2.57E+09	6.25E+08	1.05E+09	8.78E+08	9.32E+08	3.61E+08
Sr-89	3.50E+08	6.33E+08	8.93E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	4.83E+08	9.94E+08	1.56E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+0
Tc-99 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+06	0.00E+00	1.76E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+07
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.50E+09	1.94E+09	2.73E+08	1.86E+07
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	2.10E+05	0.00E+00	0.00E+00	4.91E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.25E+09	4.84E+08	6.58E+08	7.97E+09	3.53E+08	4.40E+07	2.03E+07	1.55E+09	4.74E+09	4.38E+07	0.00E+00
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	3.13E+09	8.47E+08	3.12E+08	2.19E+09	2.74E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.97E+07	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	9.86E+05	1.70E+06	5.36E+06	1.32E+07	0.00E+00	3.87E+05	0.00E+00	0.00E+00	2.44E+06
Zr-95	5.47E+07	2.11E+08	3.24E+08	1.72E+08	1.15E+08	3.14E+07	1.61E+08	1.48E+08	6.79E+07	1.41E+08	7.02E+07

Tabla A11.8. Factores de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m^3)	X/Qd (s/m^3)	X/Qdd (s/m^3)	D/Q (m^{-2})
Almaraz	5.506E-07	5.479E-07	4.757E-07	4.153E-09
Belvis de Monroy	4.925E-08	4.768E-08	3.664E-08	2.333E-10
Berrocalejo	7.389E-09	6.484E-09	4.219E-09	2.272E-11
Bohonal de Ibor	1.433E-08	1.322E-08	9.179E-09	5.221E-11
Campillo de Deleitosa	1.233E-08	1.149E-08	8.157E-09	2.967E-11
Casas de Miravete	6.523E-08	6.260E-08	4.672E-08	1.222E-10
Casatejada	3.653E-07	3.523E-07	2.657E-07	2.841E-10
Collado de la Vera	8.708E-08	7.789E-08	5.090E-08	4.147E-11
Deleitosa	1.201E-08	1.105E-08	7.671E-09	2.180E-11
Fresnedoso de Ibor	8.087E-09	7.348E-09	5.022E-09	1.792E-11
Higuera de Albalat	3.080E-08	2.954E-08	2.214E-08	6.623E-11
Jaraicejo	3.789E-08	3.545E-08	2.437E-08	5.898E-11
Jaraiz de la Vera	8.421E-08	7.510E-08	4.889E-08	3.956E-11
Majadas de Tiétar	1.698E-07	1.583E-07	1.125E-07	8.772E-11
Mesas de Ibor	1.308E-08	1.239E-08	8.827E-09	4.881E-11
Millanes	4.249E-08	4.116E-08	3.007E-08	1.830E-10
Navalmoral de la Mata	2.466E-08	2.351E-08	1.628E-08	9.752E-11
Pasarón de la Vera	7.796E-08	6.852E-08	4.490E-08	3.044E-11
Peraleda de la Mata	1.751E-08	1.646E-08	1.099E-08	6.442E-11
Peraleda de San Román	5.261E-09	4.733E-09	3.081E-09	1.605E-11
Robledollano	5.687E-09	5.025E-09	3.322E-09	1.152E-11
Romangordo	8.203E-08	7.788E-08	6.108E-08	1.539E-10
Rosalejo	1.940E-08	1.767E-08	1.122E-08	3.792E-11
Saucedilla	3.931E-07	3.856E-07	3.070E-07	6.537E-10
Serrejón	1.462E-07	1.404E-07	1.059E-07	2.636E-10
Talayuela	6.603E-08	6.110E-08	4.130E-08	6.167E-11
Tejeda de Tiétar	8.241E-08	7.283E-08	4.801E-08	3.292E-11
Toril	2.304E-07	2.180E-07	1.596E-07	1.297E-10
Torrecillas de la Tiesa	1.366E-08	1.126E-08	7.846E-09	1.679E-11
Torrejón El Rubio	3.365E-08	2.976E-08	1.966E-08	4.112E-11
Torremenga	8.364E-08	7.402E-08	4.887E-08	3.361E-11
Valdecañas de Tajo	2.833E-08	2.727E-08	2.067E-08	8.011E-11
Valdehúncar	1.827E-08	1.708E-08	1.212E-08	6.975E-11

Tabla A11.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.80E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.3	R.G.1.109	Embalse

Referencias

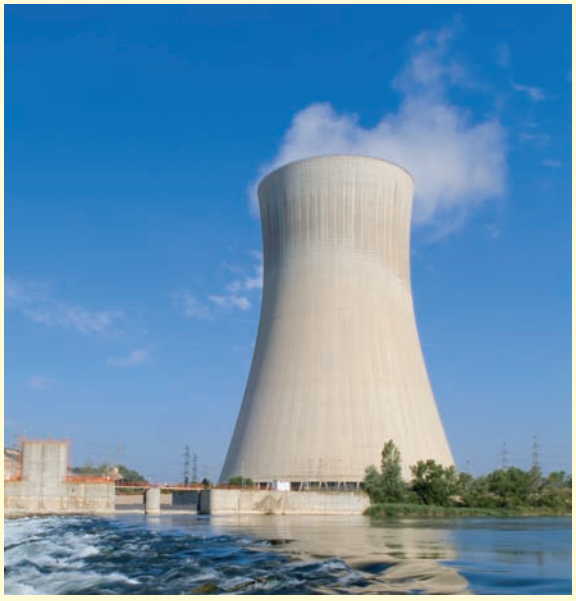
CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

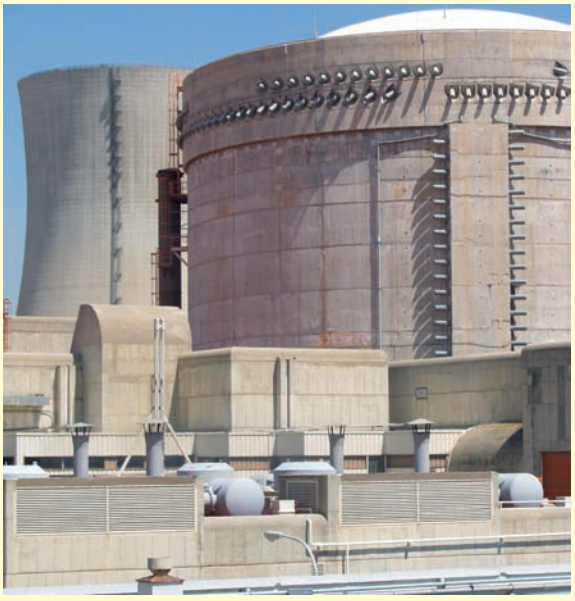
CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002.* CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XII: Central nuclear de Ascó (I y II)





Provincia:	Tarragona
Tecnología:	PWR-Westinghouse
Potencia:	2 x 1.000 MWe (2 x 2.938 MWt)
Comienzo de la operación:	Agosto de 1983 (unidad I), octubre de 1985 (unidad II)
Energía producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	273 TWh (31,1 GW x año)

La central nuclear de Ascó consta de dos reactores de agua a presión (PWR) de tecnología Westinghouse, cada uno con 2.938 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en agosto de 1983 (unidad I) y en octubre de 1985 (unidad II), y continúa en la actualidad.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Ascó desde su entrada en funcionamiento (1983) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A12.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de central nuclear de Ascó se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Tarragona (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A12.8) y las particularidades de la zona en lo referente al consumo de agua del río Ebro aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el río de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los específicos de la instalación que se muestran en la tabla A12.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua del río Ebro. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el río es fronterizo o atraviesa el término municipal.
- En estos municipios, se considera como vía de ingestión el agua bebida por el animal y los pastos regados. Además, los vegetales de consumo humano también son regados.
- No se considera la vía de leche de vaca por no haber producción en ninguno de los municipios afectados por exposición a los efluentes líquidos.
- Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año.
- En los municipios que no son ribereños pero tienen captación de agua se considera sólo el riego de vegetales.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A12.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

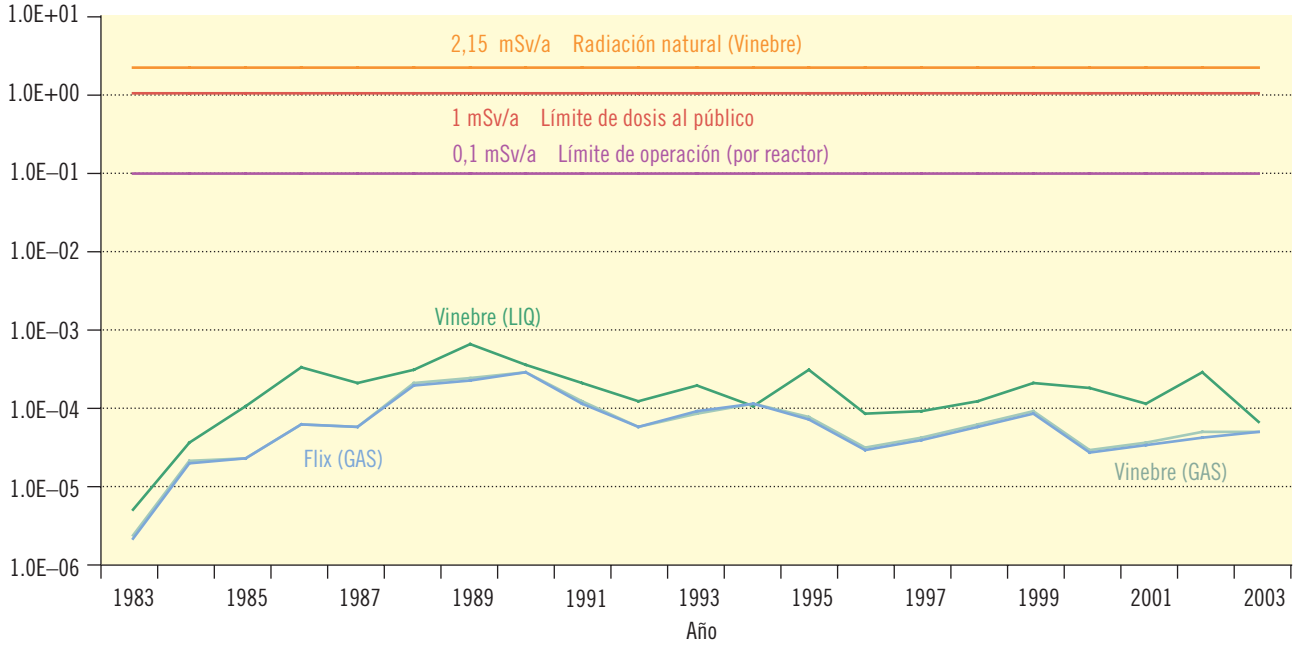
	Vías de exposición						
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río	Vegetales	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Ascó, Vinebre	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓
Benifallet, Benissanet, Ginestar, Miravet, Móra del Ebro, Móra la Nova	✓	—	✓	✓	✓	—	✓
García	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓
Rasquera, Torre del Español	—	—	—	✓	—	—	—
Resto	—	—	—	—	—	—	—

Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y caudales medios del río Ebro correspondientes a cada año del periodo del estudio.

Resultados

En la figura A12.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Flix y Vinebre). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación por reactor, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Vinebre.

Figura A12.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A12.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó.

En la figura A12.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Vinebre en el último año del periodo de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A12.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos, y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A12.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A12.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el

municipio de mayor dosis acumulada es Vinebre (5.70E-3 mSv) y el de menor es Nonaspe (3.02E-5 mSv).

Finalmente, la figura A12.5 y la tabla A12.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A12.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Lérida										
Almatret	1.10E-07	1.11E-06	1.06E-06	3.03E-06	2.79E-06	1.03E-05	1.19E-05	1.52E-05	6.27E-06	2.90E-06
Bovera	1.43E-07	1.62E-06	1.37E-06	4.19E-06	3.84E-06	1.46E-05	1.68E-05	2.20E-05	8.99E-06	4.05E-06
Granadella (La)	1.07E-07	1.19E-06	9.99E-07	3.03E-06	2.78E-06	1.09E-05	1.26E-05	1.63E-05	6.67E-06	2.95E-06
Granyena de les Garrigues	6.78E-08	7.76E-07	6.46E-07	2.00E-06	1.82E-06	7.01E-06	8.02E-06	1.06E-05	4.31E-06	1.93E-06
Juncosa	4.94E-08	5.66E-07	4.69E-07	1.45E-06	1.33E-06	5.11E-06	5.84E-06	7.70E-06	3.14E-06	1.41E-06
Llardecans	1.40E-07	1.51E-06	1.36E-06	4.06E-06	3.72E-06	1.38E-05	1.58E-05	2.06E-05	8.45E-06	3.90E-06
Maials	1.91E-07	1.97E-06	1.89E-06	5.46E-06	5.02E-06	1.81E-05	2.08E-05	2.68E-05	1.10E-05	5.21E-06
Bellaguarda	6.52E-08	7.44E-07	6.21E-07	1.92E-06	1.75E-06	6.72E-06	7.69E-06	1.01E-05	4.13E-06	1.85E-06
Sarroca de Lleida	8.17E-08	8.94E-07	7.91E-07	2.37E-06	2.17E-06	8.13E-06	9.32E-06	1.22E-05	4.98E-06	2.28E-06
Soleràs (El)	7.20E-08	8.25E-07	6.86E-07	2.12E-06	1.94E-06	7.44E-06	8.52E-06	1.12E-05	4.58E-06	2.05E-06
Torms (Els)	7.38E-08	8.24E-07	6.83E-07	2.07E-06	1.90E-06	7.50E-06	8.73E-06	1.13E-05	4.61E-06	2.01E-06
Torrebesses	9.73E-08	1.04E-06	9.23E-07	2.72E-06	2.50E-06	9.53E-06	1.11E-05	1.42E-05	5.83E-06	2.63E-06
Tarragona										
Argentera (L')	1.05E-07	1.02E-06	1.05E-06	2.95E-06	2.71E-06	9.49E-06	1.09E-05	1.40E-05	5.77E-06	2.80E-06
Ascó	6.80E-06	5.23E-05	1.17E-04	3.80E-04	2.52E-04	4.62E-04	8.28E-04	5.93E-04	3.01E-04	1.67E-04
Batea	4.18E-08	4.57E-07	3.81E-07	1.14E-06	1.05E-06	4.19E-06	4.91E-06	6.23E-06	2.56E-06	1.10E-06
Bellmunt del Priorat	2.30E-07	2.16E-06	2.35E-06	6.42E-06	5.91E-06	2.02E-05	2.32E-05	2.94E-05	1.22E-05	6.06E-06
Benifallet	2.80E-06	1.70E-05	7.92E-05	2.56E-04	1.52E-04	2.40E-04	4.86E-04	2.45E-04	1.27E-04	6.11E-05
Benissanet	2.88E-06	1.78E-05	7.99E-05	2.59E-04	1.54E-04	2.48E-04	4.95E-04	2.56E-04	1.32E-04	6.32E-05
Bisbal de Falset (La)	9.53E-08	1.08E-06	9.09E-07	2.80E-06	2.56E-06	9.80E-06	1.12E-05	1.48E-05	6.02E-06	2.70E-06
Bot	7.84E-08	8.76E-07	7.53E-07	2.29E-06	2.10E-06	7.94E-06	9.09E-06	1.19E-05	4.87E-06	2.21E-06
Cabacés	8.96E-08	9.91E-07	8.64E-07	2.61E-06	2.39E-06	8.99E-06	1.03E-05	1.35E-05	5.51E-06	2.51E-06
Capçanes	1.72E-07	1.64E-06	1.75E-06	4.82E-06	4.44E-06	1.53E-05	1.76E-05	2.24E-05	9.27E-06	4.56E-06
Colldejou	1.08E-07	1.02E-06	1.07E-06	2.93E-06	2.71E-06	9.58E-06	1.12E-05	1.40E-05	5.81E-06	2.79E-06
Corbera d'Ebre	1.62E-07	1.79E-06	1.56E-06	4.71E-06	4.31E-06	1.62E-05	1.86E-05	2.43E-05	9.94E-06	4.53E-06
Cornudella de Montsant	3.46E-08	3.89E-07	3.32E-07	1.01E-06	9.27E-07	3.52E-06	4.03E-06	5.30E-06	2.16E-06	9.78E-07
Falset	1.61E-07	1.54E-06	1.63E-06	4.50E-06	4.15E-06	1.43E-05	1.65E-05	2.10E-05	8.69E-06	4.26E-06
Fatarella (La)	1.76E-07	1.95E-06	1.69E-06	5.12E-06	4.69E-06	1.77E-05	2.02E-05	2.65E-05	1.08E-05	4.94E-06
Figuera (La)	1.83E-07	1.81E-06	1.84E-06	5.18E-06	4.77E-06	1.68E-05	1.93E-05	2.47E-05	1.02E-05	4.92E-06
Flix	2.15E-06	1.99E-05	2.20E-05	5.98E-05	5.51E-05	1.87E-04	2.15E-04	2.72E-04	1.13E-04	5.64E-05
Gandesa	1.17E-07	1.30E-06	1.13E-06	3.41E-06	3.12E-06	1.18E-05	1.35E-05	1.77E-05	7.23E-06	3.29E-06
Garcia	3.16E-06	2.04E-05	8.33E-05	2.68E-04	1.62E-04	2.68E-04	5.21E-04	2.86E-04	1.45E-04	7.03E-05
Ginestar	2.86E-06	1.77E-05	7.98E-05	2.58E-04	1.54E-04	2.47E-04	4.93E-04	2.54E-04	1.31E-04	6.28E-05
Gratallops	1.25E-07	1.25E-06	1.25E-06	3.55E-06	3.26E-06	1.16E-05	1.33E-05	1.70E-05	7.03E-06	3.37E-06
Guiamets (Els)	1.94E-07	1.82E-06	1.98E-06	5.42E-06	4.99E-06	1.71E-05	1.96E-05	2.49E-05	1.03E-05	5.12E-06
Lloar (El)	1.51E-07	1.50E-06	1.51E-06	4.27E-06	3.92E-06	1.39E-05	1.59E-05	2.04E-05	8.43E-06	4.05E-06

Tabla A12.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Margalef	6.72E-08	7.46E-07	6.47E-07	1.96E-06	1.79E-06	6.77E-06	7.75E-06	1.02E-05	4.15E-06	1.89E-06
Marçà	1.71E-07	1.60E-06	1.72E-06	4.68E-06	4.32E-06	1.50E-05	1.75E-05	2.19E-05	9.11E-06	4.44E-06
Masroig (El)	2.49E-07	2.32E-06	2.54E-06	6.93E-06	6.39E-06	2.17E-05	2.51E-05	3.17E-05	1.32E-05	6.54E-06
Miravet	2.83E-06	1.73E-05	7.95E-05	2.57E-04	1.53E-04	2.44E-04	4.89E-04	2.50E-04	1.29E-04	6.20E-05
Molar (El)	3.77E-07	3.49E-06	3.86E-06	1.05E-05	9.66E-06	3.27E-05	3.77E-05	4.77E-05	1.98E-05	9.88E-06
Móra d'Ebre	2.93E-06	1.84E-05	8.04E-05	2.60E-04	1.56E-04	2.53E-04	5.00E-04	2.63E-04	1.35E-04	6.46E-05
Móra la Nova	2.94E-06	1.85E-05	8.05E-05	2.60E-04	1.56E-04	2.54E-04	5.02E-04	2.66E-04	1.36E-04	6.50E-05
Morera de Montsant (La)	4.52E-08	4.89E-07	4.15E-07	1.24E-06	1.14E-06	4.49E-06	5.26E-06	6.68E-06	2.74E-06	1.19E-06
Palma d'Ebre (La)	1.33E-07	1.49E-06	1.25E-06	3.79E-06	3.48E-06	1.35E-05	1.56E-05	2.03E-05	8.30E-06	3.68E-06
Pinell de Brai (El)	7.17E-08	7.95E-07	6.91E-07	2.09E-06	1.91E-06	7.22E-06	8.26E-06	1.08E-05	4.43E-06	2.01E-06
Pobla de Massaluca (La)	5.76E-08	6.32E-07	5.31E-07	1.59E-06	1.47E-06	5.78E-06	6.75E-06	8.65E-06	3.54E-06	1.55E-06
Poboleda	8.17E-08	8.04E-07	7.96E-07	2.22E-06	2.05E-06	7.49E-06	8.75E-06	1.10E-05	4.56E-06	2.13E-06
Porrera	7.83E-08	7.71E-07	7.61E-07	2.13E-06	1.97E-06	7.19E-06	8.40E-06	1.06E-05	4.37E-06	2.04E-06
Pradell de la Teixeta	6.97E-08	6.89E-07	6.74E-07	1.89E-06	1.75E-06	6.42E-06	7.51E-06	9.44E-06	3.90E-06	1.81E-06
Prat de Comte	7.25E-08	8.11E-07	6.96E-07	2.12E-06	1.94E-06	7.35E-06	8.41E-06	1.10E-05	4.51E-06	2.04E-06
Rasquera	1.44E-06	1.05E-05	2.15E-05	7.43E-05	5.00E-05	6.44E-05	1.41E-04	8.50E-05	5.01E-05	3.27E-05
Riba-Roja d'Ebre	2.66E-07	2.55E-06	2.50E-06	6.93E-06	6.44E-06	2.40E-05	2.85E-05	3.46E-05	1.44E-05	6.49E-06
Tivissa	9.89E-08	1.03E-06	9.49E-07	2.74E-06	2.52E-06	9.46E-06	1.10E-05	1.40E-05	5.78E-06	2.64E-06
Torre de Fontaubella (La)	1.25E-07	1.21E-06	1.26E-06	3.51E-06	3.23E-06	1.12E-05	1.29E-05	1.65E-05	6.81E-06	3.32E-06
Torre de l'Espanyol (La)	2.20E-06	1.74E-05	2.94E-05	9.57E-05	6.96E-05	1.30E-04	2.16E-04	1.80E-04	8.96E-05	5.27E-05
Torroja del Priorat	9.99E-08	9.84E-07	9.77E-07	2.73E-06	2.52E-06	9.16E-06	1.07E-05	1.35E-05	5.57E-06	2.61E-06
Ulldemolins	3.46E-08	3.89E-07	3.32E-07	1.01E-06	9.27E-07	3.52E-06	4.03E-06	5.30E-06	2.16E-06	9.78E-07
Vandellós i l'Hospitalet de l'Infant	6.55E-08	7.01E-07	6.39E-07	1.89E-06	1.73E-06	6.40E-06	7.34E-06	9.55E-06	3.91E-06	1.81E-06
Vilella Alta (La)	1.21E-07	1.20E-06	1.21E-06	3.43E-06	3.15E-06	1.11E-05	1.28E-05	1.64E-05	6.76E-06	3.26E-06
Vilella Baixa (La)	1.38E-07	1.35E-06	1.37E-06	3.80E-06	3.51E-06	1.25E-05	1.46E-05	1.84E-05	7.63E-06	3.63E-06
Vilalba Dels Arcs	1.32E-07	1.44E-06	1.25E-06	3.74E-06	3.43E-06	1.32E-05	1.52E-05	1.97E-05	8.07E-06	3.62E-06
Vinebre	7.34E-06	5.53E-05	1.22E-04	3.90E-04	2.61E-04	4.95E-04	8.76E-04	6.30E-04	3.18E-04	1.74E-04
Zaragoza										
Fayón	5.01E-08	5.67E-07	4.79E-07	1.47E-06	1.34E-06	5.13E-06	5.87E-06	7.72E-06	3.15E-06	1.42E-06
Mequinenza	5.06E-08	5.38E-07	4.96E-07	1.46E-06	1.34E-06	4.92E-06	5.64E-06	7.34E-06	3.01E-06	1.40E-06
Nonaspe	3.41E-08	3.88E-07	3.25E-07	1.00E-06	9.16E-07	3.51E-06	4.01E-06	5.29E-06	2.16E-06	9.68E-07

Tabla A12.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Lérida											
Almatret	4.66E-06	6.11E-06	3.87E-06	1.51E-06	2.06E-06	3.13E-06	4.50E-06	1.43E-06	1.71E-06	2.35E-06	2.70E-06
Bovera	6.89E-06	8.91E-06	5.49E-06	2.11E-06	2.85E-06	4.48E-06	6.40E-06	1.99E-06	2.32E-06	3.25E-06	3.96E-06
Granadella (La)	4.86E-06	6.55E-06	4.07E-06	1.53E-06	2.11E-06	3.30E-06	4.76E-06	1.49E-06	1.72E-06	2.46E-06	2.89E-06
Granyena de les Garrigues	3.29E-06	4.27E-06	2.63E-06	1.00E-06	1.36E-06	2.15E-06	3.06E-06	9.51E-07	1.10E-06	1.55E-06	1.89E-06
Juncosa	2.40E-06	3.11E-06	1.91E-06	7.31E-07	9.90E-07	1.56E-06	2.23E-06	6.93E-07	8.03E-07	1.13E-06	1.38E-06
Llardecans	6.54E-06	8.35E-06	5.18E-06	2.03E-06	2.72E-06	4.23E-06	6.03E-06	1.89E-06	2.23E-06	3.08E-06	3.71E-06
Maials	8.63E-06	1.09E-05	6.80E-06	2.71E-06	3.62E-06	5.54E-06	7.89E-06	2.49E-06	2.99E-06	4.06E-06s	4.84E-06
Bellaguarda	3.16E-06	4.09E-06	2.52E-06	9.63E-07	1.30E-06	2.06E-06	2.94E-06	9.12E-07	1.06E-06	1.49E-06	1.82E-06
Sarroca de Lleida	3.84E-06	4.93E-06	3.05E-06	1.19E-06	1.60E-06	2.49E-06	3.55E-06	1.11E-06	1.31E-06	1.81E-06	2.19E-06
Soleràs (El)	3.49E-06	4.54E-06	2.79E-06	1.07E-06	1.44E-06	2.28E-06	3.25E-06	1.01E-06	1.17E-06	1.65E-06	2.01E-06
Torms (Els)	3.29E-06	4.50E-06	2.81E-06	1.05E-06	1.46E-06	2.27E-06	3.29E-06	1.03E-06	1.19E-06	1.71E-06	1.98E-06
Torrebesses	4.27E-06	5.70E-06	3.58E-06	1.37E-06	1.88E-06	2.89E-06	4.17E-06	1.31E-06	1.54E-06	2.17E-06	2.51E-06
Tarragona											
Argentera (L')	4.57E-06	5.66E-06	3.58E-06	1.46E-06	1.93E-06	2.91E-06	4.14E-06	1.32E-06	1.61E-06	2.15E-06	2.53E-06
Ascó	2.74E-04	2.00E-04	3.73E-04	1.05E-04	1.25E-04	1.72E-04	2.82E-04	1.98E-04	1.36E-04	3.05E-04	1.12E-04
Batea	1.76E-06	2.47E-06	1.57E-06	5.84E-07	8.17E-07	1.26E-06	1.83E-06	5.79E-07	6.71E-07	9.68E-07	1.08E-06
Bellmunt del Priorat	9.78E-06	1.20E-05	7.62E-06	3.15E-06	4.16E-06	6.18E-06	8.80E-06	2.82E-06	3.49E-06	4.59E-06	5.36E-06
Benifallet	1.03E-04	5.81E-05	1.67E-04	3.75E-05	3.97E-05	5.37E-05	8.71E-05	7.10E-05	5.16E-05	9.89E-05	2.86E-05
Benissanet	1.06E-04	6.25E-05	1.69E-04	3.86E-05	4.12E-05	5.60E-05	9.03E-05	7.21E-05	5.28E-05	1.01E-04	3.06E-05
Bisbal de Falset (La)	4.60E-06	5.96E-06	3.67E-06	1.41E-06	1.90E-06	3.00E-06	4.28E-06	1.33E-06	1.55E-06	2.17E-06	2.65E-06
Bot	3.74E-06	4.82E-06	2.98E-06	1.15E-06	1.55E-06	2.43E-06	3.47E-06	1.08E-06	1.26E-06	1.76E-06	2.14E-06
Cabacés	4.24E-06	5.45E-06	3.37E-06	1.31E-06	1.76E-06	2.75E-06	3.93E-06	1.23E-06	1.44E-06	2.00E-06	2.42E-06
Capçanes	7.39E-06	9.08E-06	5.77E-06	2.37E-06	3.14E-06	4.68E-06	6.67E-06	2.13E-06	2.63E-06	3.47E-06	4.07E-06
Colldejou	4.39E-06	5.63E-06	3.62E-06	1.45E-06	1.96E-06	2.91E-06	4.19E-06	1.34E-06	1.64E-06	2.22E-06	2.50E-06
Corbera d'Ebre	7.66E-06	9.84E-06	6.09E-06	2.36E-06	3.18E-06	4.97E-06	7.08E-06	2.21E-06	2.60E-06	3.61E-06	4.37E-06
Cornudella de Montsant	1.66E-06	2.14E-06	1.32E-06	5.08E-07	6.87E-07	1.08E-06	1.54E-06	4.79E-07	5.59E-07	7.83E-07	9.51E-07
Falset	6.92E-06	8.52E-06	5.41E-06	2.22E-06	2.93E-06	4.39E-06	6.25E-06	2.00E-06	2.45E-06	3.25E-06	3.82E-06
Fatarella (La)	8.34E-06	1.07E-05	6.63E-06	2.57E-06	3.46E-06	5.41E-06	7.72E-06	2.41E-06	2.83E-06	3.94E-06	4.77E-06
Figuera (La)	8.06E-06	1.00E-05	6.32E-06	2.56E-06	3.40E-06	5.14E-06	7.32E-06	2.33E-06	2.83E-06	3.79E-06	4.48E-06
Flix	9.08E-05	1.11E-04	7.06E-05	2.94E-05	3.87E-05	5.73E-05	8.15E-05	2.62E-05	3.25E-05	4.26E-05	4.96E-05
Gandesa	5.56E-06	7.15E-06	4.42E-06	1.71E-06	2.31E-06	3.61E-06	5.15E-06	1.61E-06	1.88E-06	2.62E-06	3.18E-06
Garcia	1.18E-04	7.48E-05	1.81E-04	4.26E-05	4.64E-05	6.34E-05	1.02E-04	7.76E-05	5.77E-05	1.10E-04	3.68E-05
Ginestar	1.05E-04	6.17E-05	1.69E-04	3.84E-05	4.09E-05	5.56E-05	8.98E-05	7.19E-05	5.26E-05	1.00E-04	3.02E-05
Gratallops	5.54E-06	6.91E-06	4.35E-06	1.76E-06	2.34E-06	3.54E-06	5.04E-06	1.60E-06	1.94E-06	2.61E-06	3.09E-06
Guiamets (Els)	8.27E-06	1.01E-05	6.44E-06	2.66E-06	3.51E-06	5.23E-06	7.44E-06	2.38E-06	2.95E-06	3.88E-06	4.53E-06
Lloar (El)	6.65E-06	8.28E-06	5.22E-06	2.11E-06	2.80E-06	4.24E-06	6.05E-06	1.92E-06	2.33E-06	3.13E-06	3.70E-06
Margalef	3.19E-06	4.11E-06	2.54E-06	9.82E-07	1.32E-06	2.07E-06	2.96E-06	9.23E-07	1.08E-06	1.51E-06	1.83E-06
Marçà	7.02E-06	8.86E-06	5.68E-06	2.31E-06	3.09E-06	4.58E-06	6.57E-06	2.11E-06	2.60E-06	3.46E-06	3.95E-06
Masroig (El)	1.06E-05	1.29E-05	8.22E-06	3.41E-06	4.49E-06	6.66E-06	9.49E-06	3.04E-06	3.77E-06	4.95E-06	5.78E-06
Miravet	1.04E-04	6.00E-05	1.68E-04	3.80E-05	4.03E-05	5.47E-05	8.84E-05	7.15E-05	5.21E-05	9.96E-05	2.95E-05
Molar (El)	1.59E-05	1.94E-05	1.24E-05	5.15E-06	6.77E-06	1.00E-05	1.43E-05	4.58E-06	5.70E-06	7.46E-06	8.69E-06
Móra d'Ebre	1.09E-04	6.56E-05	1.71E-04	3.94E-05	4.22E-05	5.75E-05	9.25E-05	7.27E-05	5.36E-05	1.02E-04	3.20E-05
Móra la Nova	1.09E-04	6.64E-05	1.72E-04	3.96E-05	4.24E-05	5.79E-05	9.31E-05	7.29E-05	5.38E-05	1.02E-04	3.24E-05

Tabla A12.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Morera de Montsant (La)	1.90E-06	2.65E-06	1.68E-06	6.30E-07	8.79E-07	1.35E-06	1.97E-06	6.21E-07	7.22E-07	1.04E-06	1.16E-06
Palma d'Ebre (La)	6.10E-06	8.15E-06	5.06E-06	1.91E-06	2.63E-06	4.11E-06	5.91E-06	1.85E-06	2.14E-06	3.04E-06	3.60E-06
Pinell de Brai (El)	3.40E-06	4.38E-06	2.71E-06	1.05E-06	1.41E-06	2.21E-06	3.15E-06	9.84E-07	1.15E-06	1.61E-06	1.95E-0
Pobla de Massaluca (La)	2.50E-06	3.44E-06	2.17E-06	8.11E-07	1.13E-06	1.75E-06	2.54E-06	7.96E-07	9.24E-07	1.33E-06	1.51E-06
Poboleda	3.36E-06	4.41E-06	2.82E-06	1.11E-06	1.51E-06	2.27E-06	3.28E-06	1.05E-06	1.26E-06	1.73E-06	1.95E-06
Porrera	3.21E-06	4.23E-06	2.71E-06	1.06E-06	1.45E-06	2.18E-06	3.15E-06	1.00E-06	1.21E-06	1.66E-06	1.87E-06
Pradell de la Teixeta	2.85E-06	3.78E-06	2.42E-06	9.47E-07	1.29E-06	1.94E-06	2.81E-06	8.97E-07	1.08E-06	1.49E-06	1.67E-06
Prat de Comte	3.46E-06	4.46E-06	2.75E-06	1.06E-06	1.43E-06	2.25E-06	3.21E-06	1.00E-06	1.17E-06	1.63E-06	1.98E-06
Rasquera	5.38E-05	2.86E-05	7.99E-05	2.28E-05	2.61E-05	3.57E-05	6.06E-05	4.96E-05	3.27E-05	7.95E-05	2.05E-05
Riba-Roja d'Ebre	9.71E-06	1.36E-05	9.01E-06	3.53E-06	4.89E-06	7.14E-06	1.05E-05	3.42E-06	4.12E-06	5.74E-06	5.97E-06
Tivissa	4.26E-06	5.63E-06	3.55E-06	1.38E-06	1.88E-06	2.87E-06	4.14E-06	1.31E-06	1.55E-06	2.16E-06	2.49E-06
Torre de Fontaubella (La)	5.41E-06	6.68E-06	4.23E-06	1.73E-06	2.29E-06	3.44E-06	4.89E-06	1.56E-06	1.91E-06	2.54E-06	2.99E-06
Torre de l'Espanyol (La)	8.60E-05	6.72E-05	1.05E-04	3.32E-05	3.98E-05	5.58E-05	8.91E-05	5.88E-05	4.42E-05	9.44E-05	3.79E-05
Torroja del Priorat	4.15E-06	5.41E-06	3.45E-06	1.36E-06	1.85E-06	2.78E-06	4.01E-06	1.28E-06	1.54E-06	2.11E-06	2.40E-06
Ulldemolins	1.66E-06	2.14E-06	1.32E-06	5.08E-07	6.87E-07	1.08E-06	1.54E-06	4.79E-07	5.59E-07	7.83E-07	9.51E-07
Vandellós i l'Hospitalet de l'Infant	3.04E-06	3.86E-06	2.40E-06	9.43E-07	1.27E-06	1.96E-06	2.79E-06	8.77E-07	1.04E-06	1.43E-06	1.72E-06
Vilella Alta (La)	5.34E-06	6.65E-06	4.19E-06	1.70E-06	2.25E-06	3.41E-06	4.85E-06	1.54E-06	1.87E-06	2.51E-06	2.97E-06
Vilella Baixa (La)	5.79E-06	7.43E-06	4.73E-06	1.89E-06	2.55E-06	3.82E-06	5.49E-06	1.75E-06	2.13E-06	2.88E-06	3.30E-06
Vilalba Dels Arcs	5.96E-06	7.91E-06	4.94E-06	1.88E-06	2.58E-06	4.00E-06	5.76E-06	1.80E-06	2.11E-06	2.97E-06	3.50E-06
Vinebre	2.74E-04	2.11E-04	3.86E-04	1.11E-04	1.33E-04	1.80E-04	2.96E-04	2.04E-04	1.44E-04	3.16E-04	1.16E-04
Zaragoza											
Fayón	2.41E-06	3.12E-06	1.92E-06	7.38E-07	9.97E-07	1.57E-06	2.24E-06	6.97E-07	8.11E-07	1.14E-06	1.38E-06
Mequinenza	2.34E-06	2.97E-06	1.85E-06	7.28E-07	9.76E-07	1.51E-06	2.15E-06	6.75E-07	8.02E-07	1.10E-06	1.32E-06
Nonaspe	1.65E-06	2.14E-06	1.31E-06	5.03E-07	6.81E-07	1.07E-06	1.53E-06	4.76E-07	5.53E-07	7.78E-07	9.48E-07

Figura A12.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Vinebre, año 2003 *(Total: 5.75E-05 mSv)*

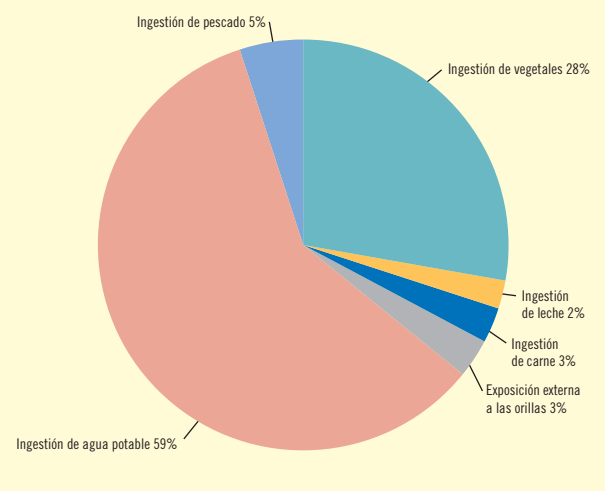


Figura A12.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Vinebre, año 2003 *(Total: 2.14E-06 mSv)*

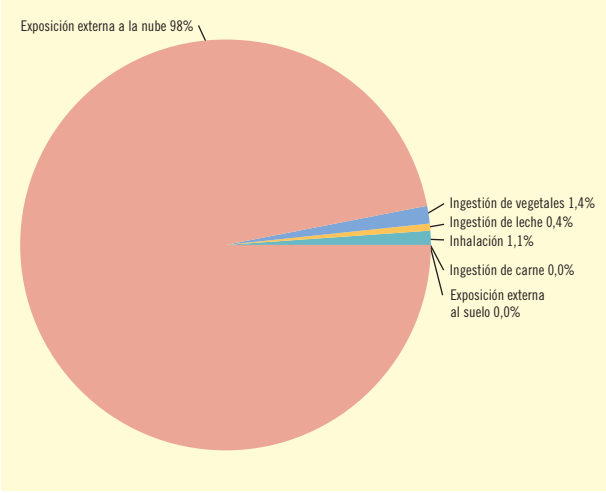
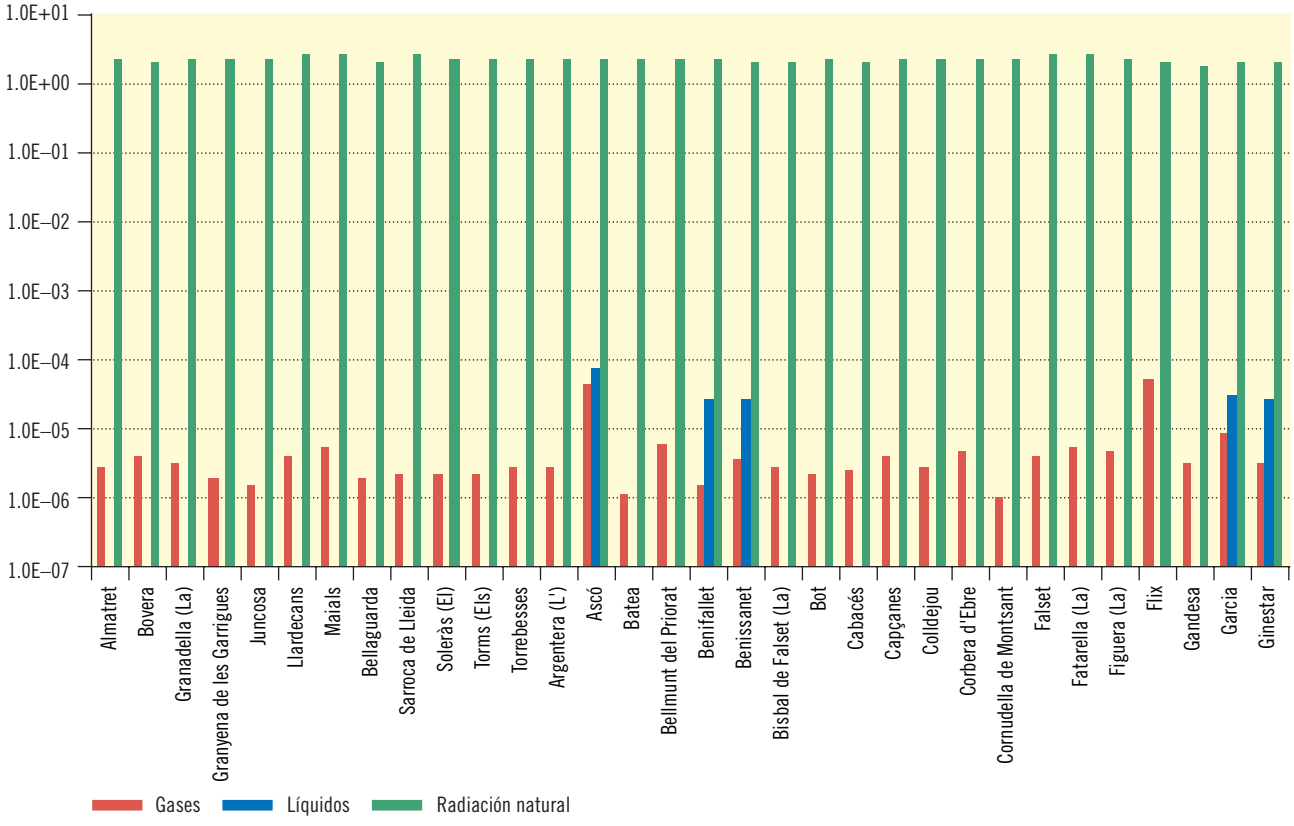


Figura A12.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003



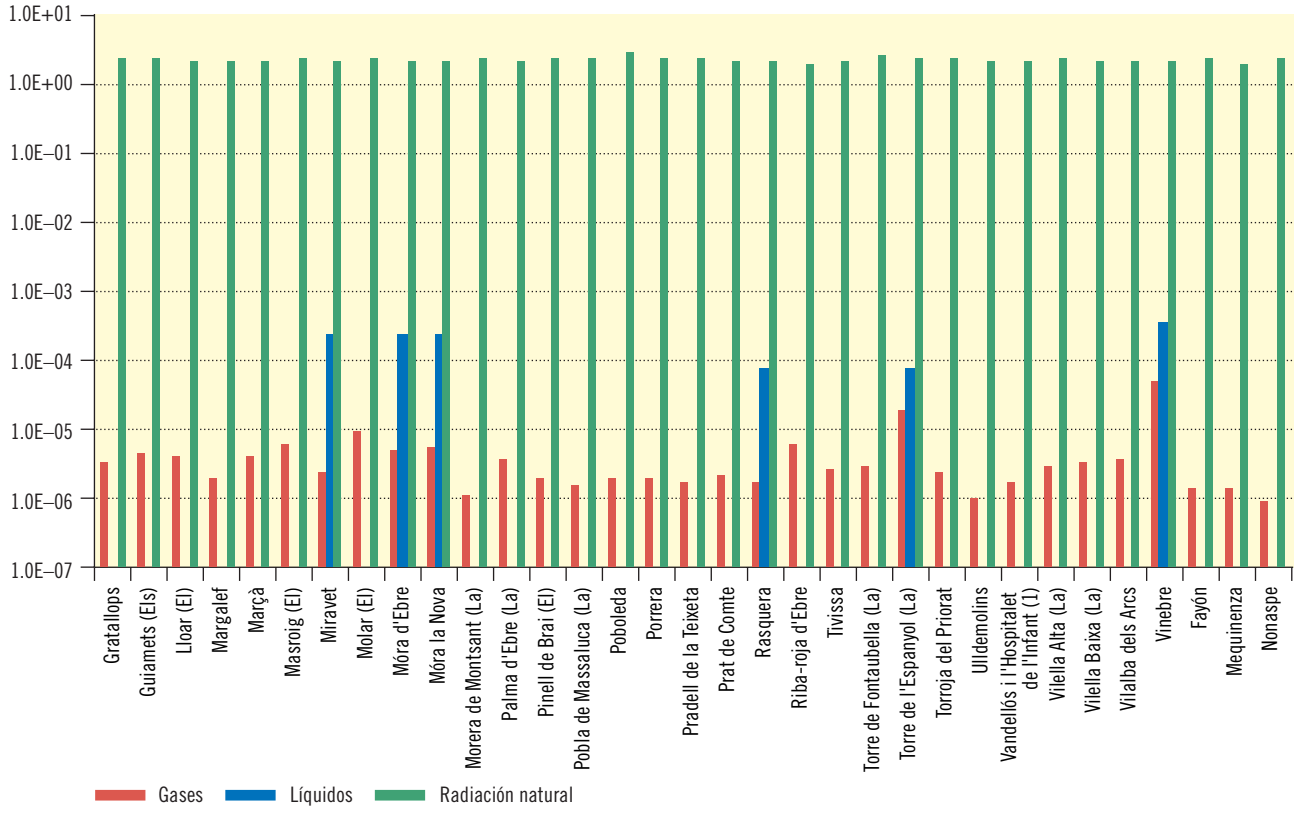


Figura A12.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por la central nuclear de Ascó en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1983-2003

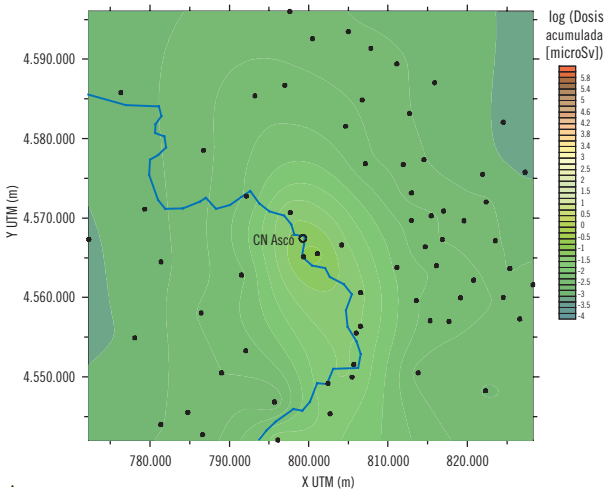


Figura A12.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1983-2003

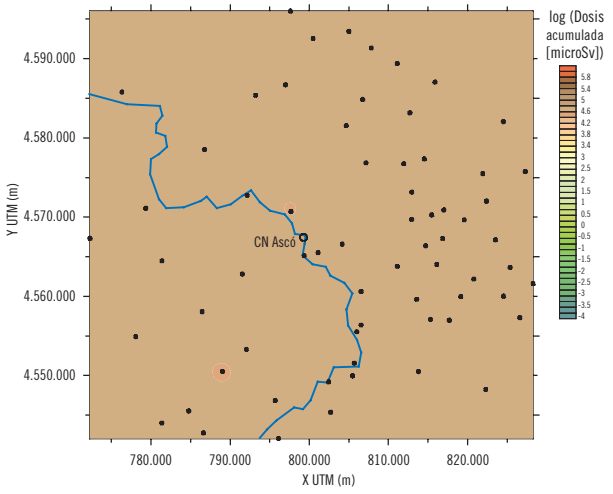


Tabla A12.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Lérida	
Almatret	8.87E-05
Bovera	1.26E-04
Granadella (La)	9.33E-05
Granyena de les Garrigues	6.04E-05
Juncosa	4.40E-05
Llardecans	1.19E-04
Maials	1.57E-04
Bellaguarda	5.79E-05
Sarroca de Lleida	7.03E-05
Soleràs (El)	6.42E-05
Torms (Els)	6.42E-05
Torrebesses	8.19E-05
Tarragona	
Argentera (L')	8.26E-05
Ascó	5.44E-03
Batea	3.57E-05
Bellmunt del Priorat	1.76E-04
Benifallet	2.46E-03
Benissanet	2.53E-03
Bisbal de Falset (La)	8.45E-05
Bot	6.85E-05
Cabacés	7.77E-05
Capçanes	1.33E-04
Colldejou	8.31E-05
Corbera d'Ebre	1.40E-04
Cornudella de Montsant	3.04E-05
Falset	1.25E-04
Fatarella (La)	1.53E-04
Figuera (La)	1.46E-04
Flix	1.63E-03
Gandesa	1.02E-04
Garcia	2.74E-03
Ginestar	2.52E-03

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Gratallops	1.00E-04
Guiamets (Els)	1.49E-04
Lloar (El)	1.20E-04
Margalef	5.85E-05
Marçà	1.31E-04
Masroig (El)	1.90E-04
Miravet	2.49E-03
Molar (El)	2.86E-04
Móra d'Ebre	2.57E-03
Móra la Nova	2.58E-03
Morera de Montsant (La)	3.83E-05
Palma d'Ebre (La)	1.16E-04
Pinell de Brai (El)	6.23E-05
Pobla de Massaluca (La)	4.94E-05
Poboleda	6.47E-05
Porrera	6.20E-05
Pradell de la Teixeta	5.53E-05
Prat de Comte	6.34E-05
Rasquera	1.02E-03
Riba-Roja d'Ebre	2.04E-04
Tivissa	8.15E-05
Torre de Fontaubella (La)	9.77E-05
Torre de l'Espanyol (La)	1.59E-03
Torroja del Priorat	7.92E-05
Ulldemolins	3.04E-05
Vandellós i l'Hospitalet de l'Infant	5.54E-05
Vilella Alta (La)	9.67E-05
Vilella Baixa (La)	1.09E-04
Vilalba Dels Arcs	1.13E-04
Vinebre	5.70E-03
Zaragoza	
Fayón	4.42E-05
Mequinenza	4.26E-05
Nonaspe	3.02E-05

Tabla A12.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1983-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Lérida									
Almatret	0,59	0,03	0,11	0,06	0,76	0,34	0,36	2,25	47,28
Bovera	0,59	0,03	0,11	0,03	0,61	0,32	0,36	2,06	43,16
Granadella (La)	0,59	0,03	0,11	0,05	0,69	0,35	0,36	2,18	45,73
Granyena de les Garrigues	0,59	0,03	0,11	0,05	0,72	0,33	0,36	2,19	45,99
Juncosa	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,36	0,36	2,13	44,63
Llardecans	0,59	0,03	0,11	0,09	0,88	0,33	0,36	2,39	50,20
Maials	0,59	0,03	0,11	0,11	0,98	0,33	0,36	2,51	52,66
Bellaguarda	0,59	0,03	0,11	0,02	0,56	0,37	0,36	2,03	42,67
Sarroca de Lleida	0,59	0,03	0,11	0,11	0,98	0,31	0,36	2,49	52,32
Soleràs (El)	0,59	0,03	0,11	0,05	0,67	0,33	0,36	2,14	44,85
Torms (Els)	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,34	0,36	2,11	44,26
Torrebesses	0,59	0,03	0,11	0,07	0,77	0,32	0,36	2,24	47,12
Tarragona									
Argentera (L')	0,59	0,03	0,11	0,07	0,80	0,32	0,36	2,29	48,05
Ascó	0,62	0,03	0,11	0,04	0,65	0,30	0,36	2,10	44,15
Batea	0,59	0,03	0,11	0,08	0,82	0,33	0,36	2,31	48,55
Bellmunt del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	46,29
Benifallet	0,59	0,03	0,11	0,06	0,73	0,29	0,36	2,17	45,50
Benissanet	0,59	0,03	0,11	0,03	0,60	0,30	0,36	2,02	42,34
Bisbal de Falset (La)	0,59	0,03	0,11	0,02	0,56	0,33	0,36	1,99	41,87
Bot	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,20	46,22
Cabacés	0,59	0,03	0,11	0,02	0,54	0,33	0,36	1,97	41,44
Capçanes	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	46,28
Colldejou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,83	0,33	0,36	2,33	48,99
Corbera d'Ebre	0,61	0,03	0,11	0,04	0,66	0,32	0,36	2,13	44,75
Cornudella de Montsant	0,59	0,03	0,11	0,04	0,65	0,35	0,36	2,12	44,60
Falset	0,59	0,03	0,11	0,08	0,85	0,33	0,36	2,35	49,26
Fatarella (La)	1,12	0,03	0,11	0,01	0,51	0,34	0,36	2,49	52,25
Figuera (La)	0,59	0,03	0,11	0,03	0,62	0,36	0,36	2,10	44,01
Flix	0,41	0,03	0,11	0,04	0,63	0,30	0,36	1,87	39,34
Gandesa	0,34	0,03	0,11	0,03	0,62	0,33	0,36	1,82	38,20
Garcia	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,30	0,36	2,06	43,28
Ginestar	0,59	0,03	0,11	0,02	0,57	0,29	0,36	1,98	41,50
Gratallops	0,59	0,03	0,11	0,06	0,76	0,32	0,36	2,23	46,91
Guiamets (Els)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	46,28
Lloar (El)	0,59	0,03	0,11	0,05	0,72	0,31	0,36	2,17	45,67
Margalef	0,59	0,03	0,11	0,02	0,55	0,33	0,36	1,99	41,76
Marçà	0,45	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,07	43,43
Masroig (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	46,25
Miravet	0,59	0,03	0,11	0,04	0,66	0,30	0,36	2,09	43,98
Molar (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	46,21

Tabla A12.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1983-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Móra d'Ebre	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,30	0,36	2,18	45,79
Móra la Nova	0,59	0,03	0,11	0,03	0,59	0,30	0,36	2,00	42,04
Morera de Montsant (La)	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,38	0,36	2,42	50,87
Palma d'Ebre (La)	0,59	0,03	0,11	0,02	0,57	0,32	0,36	2,01	42,26
Pinell de Brai (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,75	0,31	0,36	2,21	46,46
Pobla de Massaluca (La)	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,33	0,36	2,35	49,45
Poboleda	0,59	0,03	0,11	0,16	1,21	0,32	0,36	2,79	58,51
Porrera	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	51,07
Pradell de la Teixeta	0,59	0,03	0,11	0,09	0,90	0,33	0,36	2,41	50,63
Prat de Comte	0,59	0,03	0,11	0,05	0,69	0,33	0,36	2,16	45,28
Rasquera	0,59	0,03	0,11	0,05	0,70	0,31	0,36	2,15	45,12
Riba-roja d'Ebre	0,59	0,03	0,11	0,02	0,55	0,30	0,36	1,96	41,09
Tibias	0,55	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,17	45,52
Torre de Fontaubella (La)	0,59	0,03	0,11	0,10	0,95	0,33	0,36	2,47	51,88
Torre de l'Espanyol (La)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,76	0,31	0,36	2,21	46,50
Torroja del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	51,06
Ulldemolins	0,59	0,03	0,11	0,03	0,61	0,37	0,36	2,10	44,00
Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant	0,38	0,03	0,11	0,07	0,81	0,32	0,36	2,08	43,71
Vilella Alta (La)	0,59	0,03	0,11	0,07	0,79	0,32	0,36	2,27	47,60
Vilella Baixa (La)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,72	0,31	0,36	2,18	45,74
Vilalba dels Arcs	0,59	0,03	0,11	0,05	0,71	0,34	0,36	2,19	46,01
Vinebre	0,59	0,03	0,11	0,05	0,71	0,30	0,36	2,15	45,13
Zaragoza									
Fayón	0,59	0,03	0,11	0,07	0,80	0,31	0,36	2,27	47,67
Mequinenza	0,59	0,03	0,11	0,02	0,55	0,30	0,36	1,96	41,12
Nonaspe	0,59	0,03	0,11	0,07	0,79	0,31	0,36	2,26	47,45

Tabla A12.5. Municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó

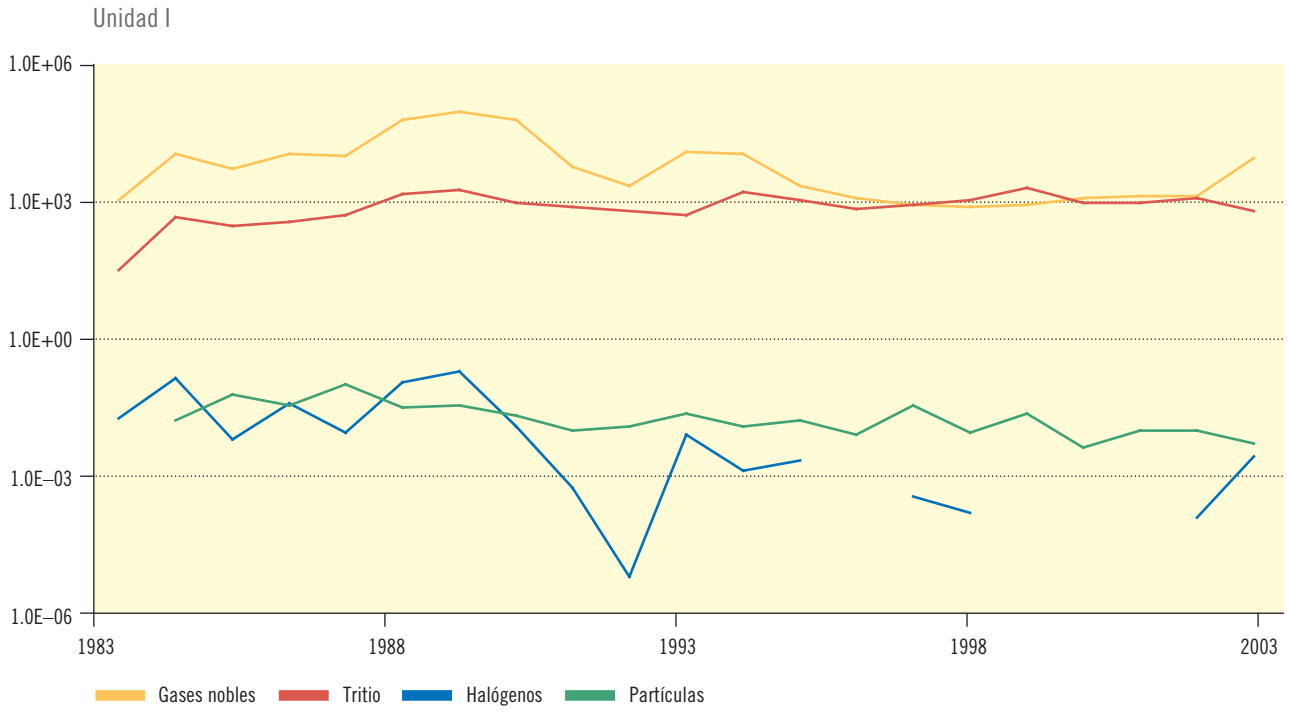
PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
25	Lérida	20	Almatret	16.726	NW
		56	Bovera	15.106	NNE
		101	Granadella (La)	18.950	NNE
		105	Granyena de les Garrigues	26.631	NNE
		118	Juncosa	25.682	NE
		125	Llardecans	19.399	N
		133	Maials	18.936	NNW
		170	Bellaguarda	20.684	NE
		200	Sarroca de Lleida	28.609	N
		206	Soleràs (El)	25.404	NNE
		224	Torms (Els)	24.940	NNE
		226	Torrebesses	25.159	N
43	Tarragona	17	Argentera (L')	29.588	ESE
		19	Ascó	2.326	S
		22	Batea	24.629	WSW
		23	Bellmunt del Priorat	17.179	ESE
		25	Benifallet	25.580	S
		26	Benissanet	17.122	SSE
		27	Bisbal de Falset (La)	15.703	NE
		32	Bot	26.286	SSW
		35	Cabacés	14.831	ENE
		40	Capçanes	21.181	ESE
		45	Colldejou	29.154	ESE
		48	Corbera d'Ebre	15.872	SSW
		49	Cornudella de Montsant	29.226	ENE
		55	Falset	22..144	ESE
		56	Fatarella (La)	9.012	WSW
		58	Figuera (La)	13.858	E
		60	Flix	3.634	NNW
		64	Gandesa	19.792	SSW
		65	Garcia	9.982	SE
		67	Ginestar	18.538	SSE
		69	Gratallops	17.587	E
		70	Guiamets (Els)	19.096	ESE
		72	Lloar (El)	15.461	E
		75	Margalef	18.180	ENE
		76	Marçà	21.230	ESE
		82	Masroig (El)	16.291	ESE
		84	Miravet	18.525	S
		85	Molar (El)	12.406	ESE
		93	Móra d'Ebre	13.694	SSE
		94	Móra la Nova	13.232	SSE
		96	Morera de Montsant (La)	24.041	ENE
		99	Palma d'Ebre (La)	12.268	NE

Tabla A12.5. Municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Ascó (continuación)

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
		106	Pinell de Brai (El)	20.907	S
		110	Pobla de Massaluca (La)	18.141	W
		112	Poboleda	23.555	E
		114	Porrera	24.257	E
		115	Pradell de la Teixeta	26.376	E
		117	Prat de Comte	27.752	SSW
		121	Rasquera	22.345	S
		125	Riba-Roja d'Ebre	8.887	NW
		150	Tivissa	22.322	SE
		151	Torre de Fontaubella (La)	26.341	ESE
		152	Torre de l'Espanyol (La)	4.956	E
		154	Torroja del Priorat	20.423	E
		157	Ulldemolins	29.176	ENE
		162	Vandellós i l'Hospitalet de l'Infant	29.963	SE
		173	Vilella Alta (La)	18.065	E
		174	Vilella Baixa (La)	16.425	E
		175	Vilalba Dels Arcs	15.896	SW
		177	Vinebre	2.652	SE
50	Zaragoza	105	Fayón	20.268	W
		165	Mequinenza	29.382	NW
		189	Nonaspe	27.000	W

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A12.6 y A12.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A12.6 y A12.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) para los años 1986 al 2003. Los datos de los años 1983, 1984 y 1985 proceden de los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) y de datos suministrados por la instalación.

Figura A12.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)



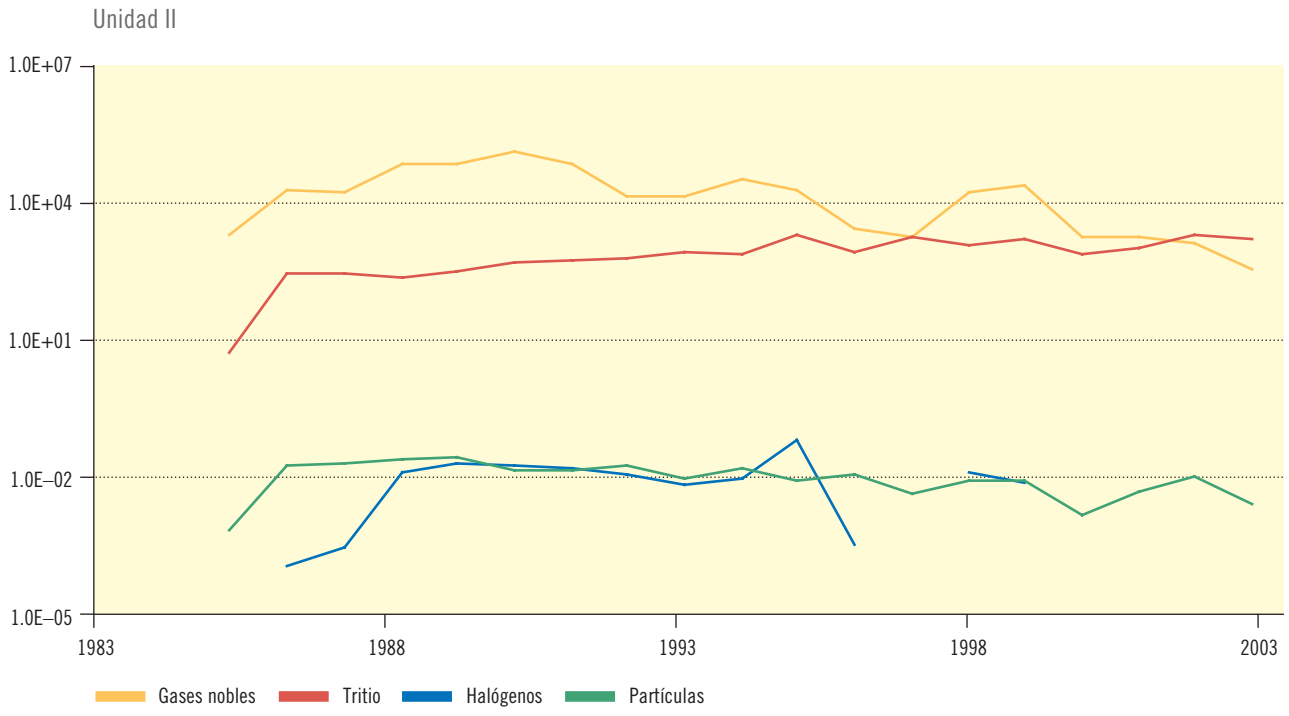
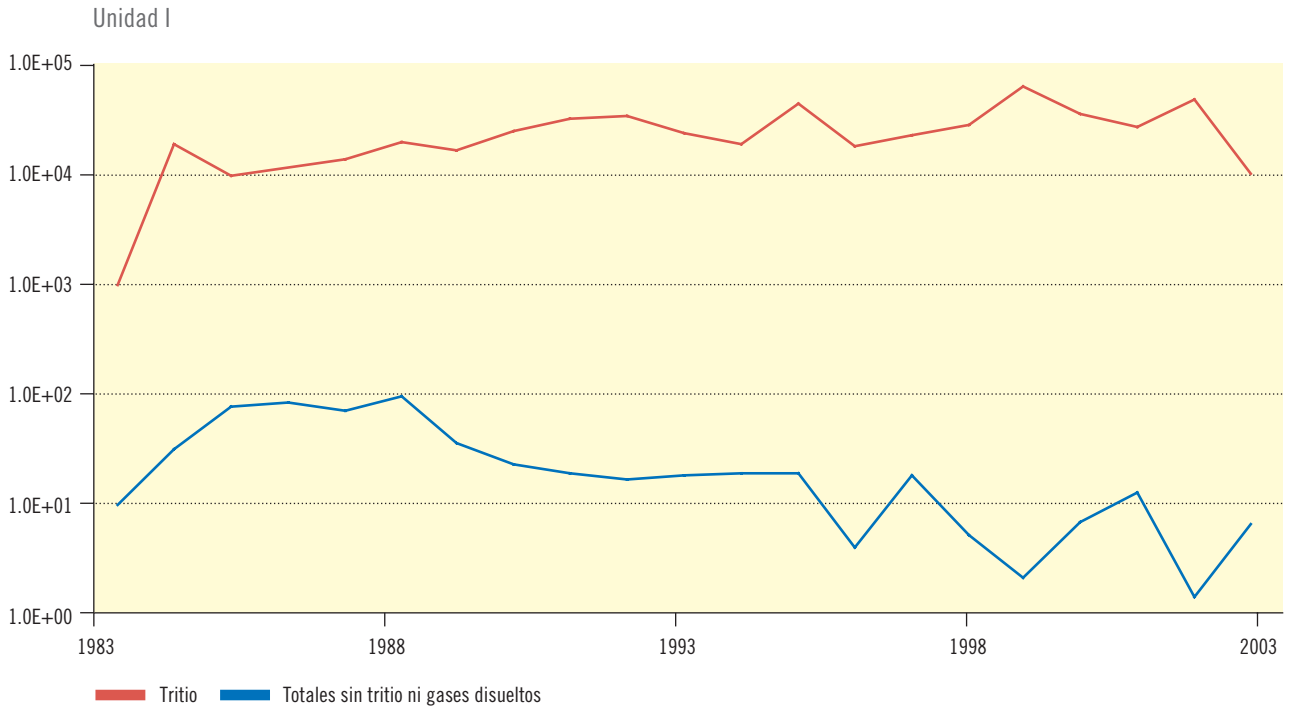


Figura A12.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)



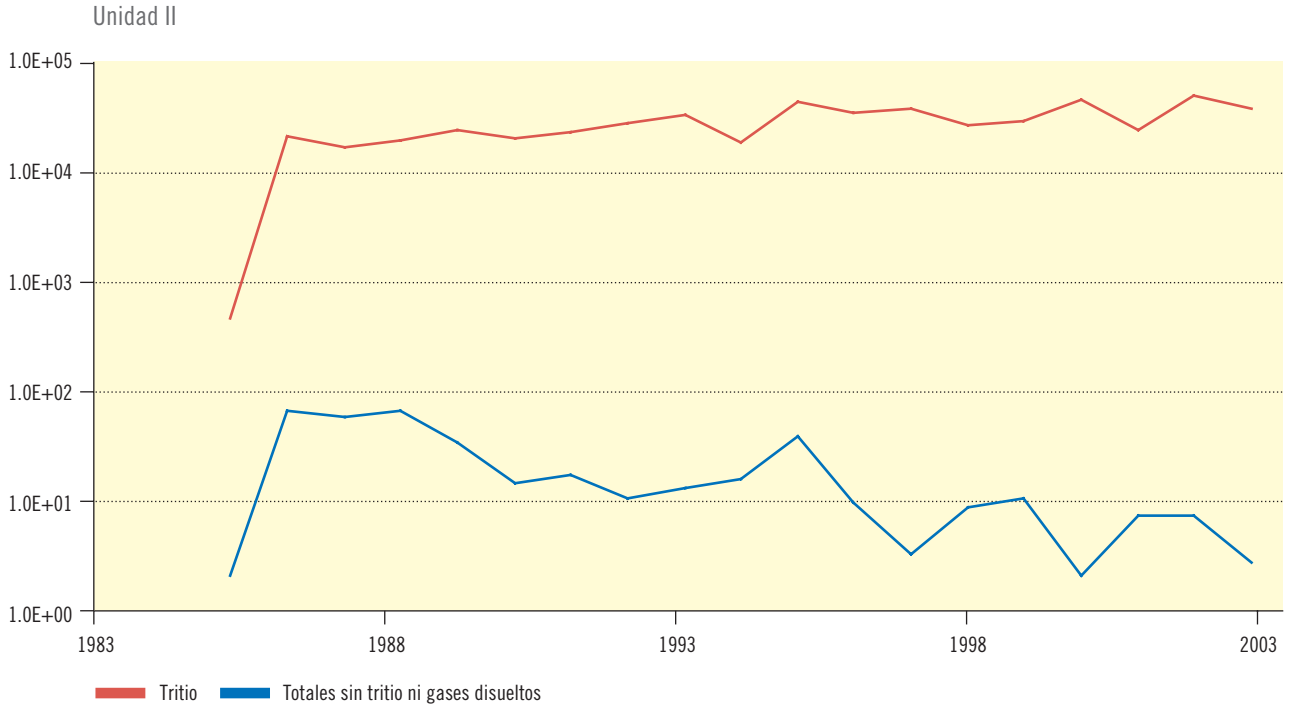


Tabla A12.6 (1/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Unidad I

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Ar-41	7.46E+06	2.45E+10	8.84E+09	9.48E+10	6.81E+10	5.24E+10	2.84E+10	2.13E+10	1.91E+09	5.08E+09	1.27E+11
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-82	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.93E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E+03	0.00E+00
Cd-109	0.00E+00	0.00E+00	5.59E+03	6.22E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	0.00E+00	0.00E+00	8.84E+01	9.07E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.78E+01	2.17E+02
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	3.23E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.99E-01	1.27E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	0.00E+00	5.52E+06	2.22E+07	1.92E+07	1.48E+07	2.19E+07	1.37E+07	1.02E+07	2.38E+06	3.43E+06	6.21E+0
Co-60	0.00E+00	0.00E+00	6.37E+06	9.91E+06	7.35E+06	3.83E+06	6.36E+06	4.65E+06	2.15E+06	2.89E+06	7.44E+06
Cr-51	0.00E+00	1.53E+04	0.00E+00	1.56E+06	2.84E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+06
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.14E+06	4.94E+05	3.58E+06	2.15E+05	4.06E+05	2.81E+05	5.70E+05
Cs-137	0.00E+00	3.99E+05	6.46E+05	7.92E+01	3.00E+06	1.23E+06	9.12E+06	3.41E+06	2.19E+06	2.17E+06	1.54E+06
CS-138	0.00E+00	1.04E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hg-203	0.00E+00	0.00E+00	3.80E+06	6.65E+05	9.18E+05	6.93E+03	3.77E+02	5.08E+01	3.97E+01	9.97E+01	6.68E+02
H-3	2.88E+10	4.30E+11	2.81E+11	3.52E+11	4.78E+11	1.37E+12	1.68E+12	9.21E+11	7.00E+11	5.91E+11	4.78E+11
I-131	1.71E+07	1.45E+07	7.14E+05	3.67E+07	8.54E+06	1.00E+08	1.80E+08	1.10E+07	5.30E+05	2.65E+03	7.77E+06
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.18E+06	1.14E+08	5.18E+06	1.14E+01	1.89E+03	1.29E+07	5.54E+06	3.21E+03	1.30E+04	3.74E+03	1.45E+04
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.75E+02	1.16E+04	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	1.98E+08	6.52E+08	2.31E+09	2.30E+10	1.04E+10	0.00E+00	6.25E+10	4.83E+09	3.47E+09	1.28E+10
Kr-85 m	1.19E+08	1.88E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.09E+10	1.14E+09	7.66E+10	2.26E+07	0.00E+00	1.43E+08
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.36E+10	1.17E+09	3.21E+10	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+08
Kr-88	0.00E+00	3.00E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+08	0.00E+00	0.00E+00	1.55E+08
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	5.82E+05	0.00E+00	0.00E+00	5.36E+02	0.00E+00	5.19E+01	2.12E+02	2.81E+05	6.38E+05
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	6.21E+00	1.92E+06	8.23E+05	4.12E+06	0.00E+00	1.78E+05	1.66E+06	2.03E+06	3.71E+06
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.25E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.76E+01	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	8.83E+07	0.00E+00	4.63E+04	1.85E+10	2.15E+10	3.84E+11	2.26E+11	4.65E+10	4.67E+08	3.45E+08	1.02E+11
Xe-133	9.19E+11	1.02E+13	4.29E+12	1.03E+13	9.29E+12	5.59E+13	8.42E+13	5.37E+13	5.02E+12	2.04E+12	1.08E+13
Xe-133 m	1.82E+10	2.26E+09	1.74E+09	3.30E+10	4.37E+09	1.73E+11	2.06E+11	1.19E+11	5.83E+07	5.63E+07	1.46E+10
Xe-135	1.50E+10	1.08E+11	4.21E+11	3.35E+11	2.42E+11	4.70E+11	1.69E+11	1.72E+12	1.83E+11	8.84E+09	3.57E+11
Xe-135 m	0.00E+00	1.37E+09	0.00E+00	0.00E+00	2.37E+06	4.99E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.55E+06	0.00E+00	1.61E+09
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+05	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.00E+05	1.16E+03	3.41E+03

Tabla A12.6 (2/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Unidad I

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	1.92E+10	2.91E+10	6.71E+09	1.12E+10	2.84E+10	2.01E+10	7.87E+09	2.23E+10	0.00E+00	4.04E+09
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	4.11E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+0
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	7.07E+02	2.70E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-82	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	0.00E+00	3.56E+01	2.39E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	4.81E+02	2.17E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.55E+03	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.89E+04	3.61E+04
Co-586	4.59E+06	6.88E+06	1.91E+06	1.83E+07	1.98E+06	3.61E+06	1.73E+06	1.73E+06	1.40E+06	1.53E+06
Co-60	2.29E+06	2.53E+06	3.23E+06	4.12E+06	1.86E+06	1.50E+06	1.61E+06	4.32E+06	2.35E+06	1.75E+06
Cr-51	4.92E+05	1.13E+02	0.00E+00	5.23E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+04
Cs-134	1.61E+02	0.00E+00	5.40E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.77E+03	0.00E+00
Cs-137	1.29E+06	1.42E+06	9.81E+05	1.61E+06	2.50E+06	1.31E+06	1.18E+03	9.19E+05	4.25E+05	3.35E+05
CS-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+04	0.00E+00
Hg-203	3.83E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	1.48E+12	1.02E+12	6.41E+11	8.08E+11	1.05E+12	1.84E+12	9.24E+11	9.08E+11	1.17E+12	6.16E+11
I-131	1.24E+06	1.98E+06	0.00E+00	3.33E+05	1.51E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+05	2.73E+06
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.17E+04	1.88E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	8.23E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	1.82E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.19E+10
Kr-87	2.15E+09	4.30E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.78E+07
Kr-88	5.39E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.88E+10
Mn-54	1.43E+05	4.22E+05	3.01E+05	2.07E+06	1.82E+06	3.57E+06	5.00E+05	0.00E+00	5.12E+03	1.24E+05
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.89E+03	2.06E+04
Nb-95	2.90E+06	3.10E+06	7.99E+05	1.28E+06	1.53E+05	1.06E+07	1.56E+05	2.26E+06	3.75E+06	1.34E+06
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	1.38E+10	1.07E+09	1.50E+07	1.95E+07	1.52E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.92E+09
Xe-133	9.59E+12	2.07E+12	1.12E+12	8.40E+11	6.80E+11	7.94E+11	1.11E+12	1.23E+12	1.23E+12	7.11E+12
Xe-133 m	2.76E+09	4.64E+07	9.89E+06	5.60E+05	8.68E+05	0.00E+00	5.06E+07	9.83E+07	0.00E+00	2.37E+09
Xe-135	8.65E+11	1.26E+10	2.58E+08	1.60E+08	2.26E+08	4.16E+07	4.54E+08	2.90E+08	0.00E+00	9.80E+11
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.75E+04	0.00E+00
Zr-95	1.37E+05	1.08E+06	0.00E+00	8.94E+01	0.00E+00	5.09E+05	0.00E+00	7.92E+03	1.38E+06	8.61E+02

Tabla A12.6 (3/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Unidad II

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	1.30E+09	1.73E+10	2.60E+10	4.12E+10	2.80E+10	5.11E+10	3.57E+10	2.50E+10	5.55E+10	9.32E+09
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.38E+03	0.00E+00	1.99E+03	3.35E+03
Ce-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	5.49E+05	1.39E+07	1.50E+07	9.31E+06	1.68E+07	5.11E+06	3.42E+06	2.40E+06	2.97E+06	3.73E+06
Co-60	0.00E+00	6.44E+01	1.65E+06	5.56E+06	2.67E+06	3.29E+06	2.92E+06	5.55E+06	1.55E+06	1.28E+06
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.30E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.45E+06	0.00E+00	2.20E+01
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.73E+02	6.12E+05	9.16E+05	2.47E+03	5.67E+05
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.95E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	3.71E+05	0.00E+00	2.82E+02	5.68E+05	2.92E+06	3.31E+06	2.66E+06	1.56E+06	3.06E+06
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hg-203	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+04	2.12E+05	1.91E+01	3.78E+02	1.38E+01	0.00E+00	6.50E+00	0.00E+00
H-3	4.27E+09	2.42E+11	2.55E+11	2.03E+11	2.67E+11	4.01E+11	4.44E+11	5.12E+11	7.07E+11	6.41E+11
I-131	0.00E+00	8.14E+02	2.19E+05	9.90E+06	1.58E+07	1.39E+07	1.22E+07	7.60E+06	5.33E+06	6.48E+06
I-132	0.00E+00	8.25E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	0.00E+00	3.11E+03	1.40E+04	0.00E+00	3.82E+03	1.43E+04	4.74E+05	1.92E+06	3.01E+03	9.81E+05
I-135	0.00E+00	0.00E+00	5.15E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.74E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	2.67E+09	0.00E+00	3.10E+10	8.02E+10	3.03E+11	1.73E+11	7.20E+10	3.08E+10	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.29E+08	9.91E+07	0.00E+00	1.39E+08
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.98E+08	1.01E+09	7.77E+07	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E+05	3.38E+05	8.80E+04	1.43E+05	2.18E+05	1.82E+05	4.03E+05
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+06	5.02E+05	6.43E+05	7.64E+05	1.14E+06	1.08E+06	2.55E+06
Ru-103	0.00E+00	1.24E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	2.82E+10	8.07E+10	1.64E+11	8.03E+10	1.21E+11	2.67E+11	3.06E+10	2.87E+10	1.29E+11
Xe-133	1.77E+12	1.68E+13	1.42E+13	6.12E+13	6.03E+13	1.09E+14	5.65E+13	9.81E+12	8.55E+12	2.67E+13
Xe-133 m	0.00E+00	2.75E+10	2.52E+10	1.05E+11	7.05E+10	4.75E+10	5.80E+10	1.81E+09	1.38E+10	2.58E+10
Xe-135	3.23E+08	9.48E+09	3.51E+10	5.88E+11	4.62E+10	3.81E+12	1.85E+12	1.92E+12	3.31E+12	3.07E+12
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.64E+09	7.70E+07	0.00E+00	1.78E+08	0.00E+00	7.47E+08	0.00E+00
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	2.16E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+04	4.11E+02	1.64E+03	6.21E+05

abla A12.6 (4/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Unidad II

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.74E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.97E+03	0.00E+00
Ar-41	1.43E+10	3.58E+10	2.64E+10	1.44E+10	1.29E+10	1.04E+10	5.75E+09	6.72E+09	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	1.32E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	2.19E+02	3.01E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.55E+01	4.17E+01
Ce-139	0.00E+00	1.81E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.77E+06	3.24E+06	7.30E+05	2.70E+06	1.73E+06	0.00E+00	3.10E+05	1.26E+06	1.64E+05
Co-60	1.37E+06	1.36E+06	6.04E+05	1.61E+06	3.60E+06	1.15E+06	1.30E+06	1.68E+06	6.67E+05
Cr-51	2.56E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.04E+05	0.00E+00
Cs-134	4.37E+04	3.08E+05	1.85E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.94E+04	6.15E+04
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.75E+06	1.47E+06	1.53E+06	1.10E+06	6.50E+05	1.49E+01	1.52E+06	3.21E+06	7.78E+05
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hg-203	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E+00
H-3	1.73E+12	7.26E+11	1.48E+12	9.74E+11	1.39E+12	6.72E+11	9.33E+11	1.78E+12	1.40E+12
I-131	4.58E+07	2.29E+05	0.00E+00	1.03E+07	5.79E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.78E+06	1.66E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+08	0.00E+00
Kr-87	1.25E+08	3.68E+08	4.71E+06	4.42E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.72E+07	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	3.39E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.63E+08	0.00E+00
Mn-54	2.00E+05	8.26E+05	2.09E+05	3.19E+05	2.72E+05	0.00E+00	0.00E+00	7.34E+04	1.28E+00
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	1.06E+06	3.36E+05	2.16E+05	1.29E+06	1.91E+05	0.00E+00	7.35E+05	1.18E+06	2.67E+05
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	5.70E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	4.33E+10	1.22E+10	2.75E+08	5.62E+09	8.78E+10	0.00E+00	1.78E+08	3.53E+08	0.00E+00
Xe-133	1.64E+13	2.18E+12	1.35E+12	1.33E+13	2.03E+13	1.42E+12	1.59E+12	1.11E+12	2.91E+11
Xe-133 m	4.16E+09	3.12E+08	6.07E+07	1.31E+09	1.72E+10	0.00E+00	2.72E+08	8.33E+08	0.00E+00
Xe-135	8.63E+11	1.90E+11	1.48E+11	1.11E+12	1.17E+12	5.37E+10	5.32E+08	6.34E+09	0.00E+00
Xe-135 m	0.00E+00	5.15E+09	1.26E+07	3.31E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	0.00E+00	1.37E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	3.29E+05	8.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.72E+03	2.35E+05	6.60E+02

Tabla A12.7 (1/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Unidad I

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.98E+08	1.58E+07	1.49E+08	0.00E+00	0.00E+00	6.34E+06	2.48E+08	7.01E+08
Am-241	8.21E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	4.07E+05	8.11E+07	2.21E+08	2.88E+06	1.88E+08	0.00E+00	1.97E+07	5.42E+05	9.36E+05	3.36E+06	1.83E+05
Au-198	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	2.80E+05	2.46E+06	2.11E+06	2.03E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	5.86E+06	2.72E+06	7.24E+06	5.04E+05	6.55E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.31E+07	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.39E+07
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.10E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.11E+05	0.00E+00
Cd-109	4.58E+06	9.57E+06	1.89E+07	5.85E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.98E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	8.16E+04	3.65E+05	4.84E+05	1.92E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	9.49E+05	6.77E+05	1.29E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.76E+05
Ce-144	0.00E+00	4.22E+06	5.65E+06	2.87E+05	6.12E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+06	2.05E+06	4.36E+06	2.42E+07
Co-57	0.00E+00	4.13E+07	5.89E+07	1.94E+07	3.26E+07	1.64E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.78E+06	9.66E+06	9.68E+05
Co-58	3.43E+09	1.83E+10	3.82E+10	3.36E+10	3.23E+10	1.77E+10	8.33E+09	3.63E+09	5.52E+09	4.00E+09	1.82E+09
Co-60	2.63E+08	2.32E+09	1.18E+10	1.60E+10	1.11E+10	9.96E+09	3.98E+09	3.80E+09	2.22E+09	3.09E+09	2.33E+09
Cr-51	1.01E+09	3.76E+09	3.71E+09	2.74E+09	1.89E+09	2.77E+09	2.20E+09	1.04E+08	6.61E+08	7.62E+08	9.09E+08
Cs-134	0.00E+00	2.20E+07	1.86E+09	5.61E+09	3.79E+09	1.03E+10	5.08E+09	3.18E+09	1.92E+09	4.61E+08	4.53E+08
Cs-135	0.00E+00	5.18E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	7.07E+04	5.98E+07	1.30E+08	1.03E+08	2.59E+08	1.09E+07	1.29E+06	1.06E+06	1.33E+07	4.34E+07
Cs-137	3.49E+07	1.27E+08	2.43E+09	6.30E+09	3.97E+09	1.39E+10	7.20E+09	4.66E+09	3.41E+09	1.14E+09	6.27E+08
Cs-138	0.00E+00	2.83E+05	5.07E+06	0.00E+00	0.00E+00	2.60E+09	0.00E+00	6.10E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
F-18	2.27E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	3.97E+07	3.44E+08	1.60E+09	1.30E+09	7.71E+08	1.15E+08	1.58E+08	4.12E+07	1.25E+08	7.91E+07	8.46E+07
Hg-203	6.96E+04	1.61E+06	1.04E+06	5.71E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	9.30E+11	1.76E+13	9.13E+12	1.10E+13	1.30E+13	1.84E+13	1.57E+13	2.31E+13	3.09E+13	3.27E+13	2.26E+13
I-131	3.10E+08	5.22E+07	5.18E+07	1.58E+08	1.26E+09	1.02E+10	1.44E+09	1.32E+09	1.54E+08	1.85E+07	4.72E+07
I-132	0.00E+00	9.96E+04	1.53E+05	7.13E+05	0.00E+00	2.58E+09	0.00E+00	0.00E+00	7.84E+05	9.64E+07	3.51E+07
I-133	1.73E+08	1.07E+07	3.30E+07	4.22E+07	6.74E+08	5.42E+09	6.11E+08	2.96E+08	2.05E+08	2.41E+08	1.09E+06
I-134	0.00E+00	2.23E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.38E+07	0.00E+00
I-135	2.87E+06	0.00E+00	3.90E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.22E+09	3.29E+05	0.00E+00	8.97E+06	1.30E+08	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	3.97E+08	2.90E+09	8.57E+08	1.49E+09	8.78E+09	1.04E+08	1.07E+08	0.00E+00	1.39E+08	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	8.22E+06	3.03E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	1.44E+07	3.18E+05	2.34E+06	8.12E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	4.19E+07	4.33E+06	3.70E+04	0.00E+00	4.43E+06	0.00E+00	1.31E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.86E+07	3.01E+06
Mn-54	2.42E+08	9.21E+08	8.60E+09	4.50E+09	3.70E+09	1.47E+09	3.95E+08	2.15E+08	1.75E+08	1.95E+08	1.10E+08
Mn-56	1.99E+06	7.87E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mo-99	1.87E+06	4.04E+06	8.29E+06	1.70E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-22	0.00E+00	2.36E+07	1.76E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.22E+05	0.00E+00	2.34E+05
Na-24	1.69E+08	3.24E+08	5.50E+08	7.50E+07	5.82E+07	0.00E+00	0.00E+00	2.11E+05	1.22E+06	6.14E+05	9.96E+07
Nb-95	6.24E+07	3.68E+08	7.06E+08	1.35E+09	8.77E+08	1.63E+09	7.09E+08	2.89E+08	2.15E+08	3.66E+08	6.14E+08
Nb-97	0.00E+00	4.08E+05	0.00E+00	1.93E+08	1.08E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.24E+07	7.32E+07	3.02E+0	6.20E+08

Tabla A12.7 (1/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año) (continuación)

Unidad I

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	7.52E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	3.29E+05	2.75E+07	5.43E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.26E+07	4.97E+06	1.13E+07	4.25E+06	4.38E+07
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.06E+05	1.89E+07
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	1.06E+07	1.85E+08	4.24E+08	7.78E+08	7.97E+08	8.74E+07	6.07E+07	2.36E+08	1.25E+08	1.08E+08	1.20E+09
Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.93E+08	2.77E+08	9.99E+08	4.29E+08	1.81E+09	2.19E+09	3.36E+09	5.44E+09
Sc-46	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.56E+05	0.00E+00
Sn-113	1.60E+06	5.47E+06	4.45E+07	1.18E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.76E+07	1.37E+07	7.90E+06	1.31E+07
Sr-85	4.73E+04	1.04E+06	2.95E+06	4.08E+06	6.26E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.06E+05	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	1.43E+09	1.45E+08	2.29E+09	1.47E+09	1.45E+09	5.80E+08	2.54E+08	2.68E+08	5.03E+07	4.09E+08
Sr-90	0.00E+00	2.96E+08	1.93E+07	8.21E+08	1.02E+09	7.58E+08	2.09E+08	8.12E+07	3.75E+07	1.06E+08	3.85E+08
Sr-91	1.17E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.77E+05	0.00E+00	3.04E+05
Sr-92	2.19E+05	1.26E+05	0.00E+00	5.48E+07	1.44E+06	1.50E+08	2.95E+06	0.00E+00	2.10E+06	2.82E+07	1.82E+07
Tc-99	0.00E+00	0.00E+00	5.94E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	2.76E+09	7.82E+05	4.65E+06	7.73E+06	6.44E+06	4.88E+07	2.56E+07	1.54E+07	6.65E+06	8.40E+06	1.96E+06
Te-132	0.00E+00	5.45E+05	8.37E+05	4.88E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.67E+06	2.48E+07	3.40E+07
U-235	0.00E+00	0.00E+00	2.34E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W-187	7.09E+07	0.00E+00	4.34E+04	0.00E+00	6.95E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131	0.00E+00	2.55E+06	1.34E+09	0.00E+00	0.00E+00	5.45E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	2.21E+07	8.72E+06	6.17E+06	0.00E+00	5.41E+08	1.30E+08	0.00E+00	0.00E+00	2.57E+07	0.00E+00
Xe-133	6.47E+08	9.08E+09	7.91E+09	1.31E+10	6.99E+09	1.36E+11	6.99E+10	5.83E+10	4.39E+09	7.63E+08	8.39E+08
Xe-133 m	1.31E+06	7.12E+07	2.76E+07	1.27E+07	1.71E+06	1.11E+09	2.83E+08	3.99E+08	1.28E+07	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	4.81E+07	3.20E+08	5.12E+08	1.04E+09	6.15E+07	1.50E+09	5.15E+08	5.43E+08	1.83E+08	1.26E+08	1.34E+08
Xe-135 m	0.00E+00	5.50E+06	4.64E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+10	0.00E+00	0.00E+00	8.87E+07	0.00E+00	4.38E+09
Y-88	0.00E+00	0.00E+00	3.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-91 m	0.00E+00	6.03E+06	2.27E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-92	3.17E+06	1.09E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	9.16E+05	5.85E+07	2.12E+07	7.96E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	7.60E+07	2.12E+08	2.62E+08	5.48E+08	4.01E+08	6.73E+08	2.72E+08	8.18E+07	1.07E+08	1.67E+08	2.28E+08
Zr-97	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.59E+05	7.44E+06	1.35E+07

Tabla A12.7 (2/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Unidad I

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	5.18E+08	1.33E+08	1.40E+06	9.00E+07	5.72E+08	6.59E+08	7.42E+08	1.94E+09	2.02E+08	1.09E+09
Am-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ar-41	5.81E+06	1.91E+06	0.00E+00	0.00E+00	8.61E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.35E+06
Au-198	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	2.16E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	2.67E+07	6.16E+07	0.00E+00	9.31E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	0.00E+00	0.00E+00	3.40E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+06	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.97E+05	0.00E+00	0.00E+00	4.89E+05	0.00E+00
Co-58	4.57E+09	7.30E+09	7.34E+08	7.65E+09	1.56E+09	2.04E+08	1.48E+09	3.70E+09	1.56E+08	9.65E+08
Co-60	2.60E+09	3.47E+09	1.54E+09	1.81E+09	6.74E+08	4.54E+08	1.00E+09	1.30E+09	2.98E+08	1.06E+09
Cr-51	3.49E+09	3.66E+08	1.24E+07	3.71E+09	5.19E+08	9.53E+06	3.52E+08	1.05E+09	1.47E+07	8.99E+08
Cs-134	2.08E+08	6.49E+08	1.00E+08	7.09E+06	1.09E+06	1.23E+05	5.44E+07	2.43E+07	0.00E+00	2.94E+06
Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.85E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	5.01E+08	1.70E+09	4.69E+08	1.59E+08	8.56E+07	8.08E+07	1.00E+09	7.72E+08	3.30E+07	2.76E+08
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
F-18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	8.16E+07	5.27E+07	2.46E+06	9.52E+08	6.15E+07	0.00E+00	0.00E+00	2.86E+07	0.00E+00	2.45E+07
Hg-203	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	1.78E+13	4.33E+13	1.72E+13	2.11E+13	2.69E+13	5.99E+13	3.32E+13	2.58E+13	4.73E+13	9.39E+12
I-131	1.08E+08	8.81E+07	4.52E+05	6.52E+05	2.36E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.52E+05	7.88E+06
I-132	8.08E+07	1.08E+07	0.00E+00	1.17E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	3.70E+06	1.60E+08	1.82E+05	0.00E+00	1.10E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.22E+05
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	5.12E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	2.01E+08	2.56E+08	1.29E+08	6.90E+08	2.21E+08	8.03E+07	1.37E+08	5.77E+07	1.07E+07	9.34E+07
Mn-56	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.73E+06	4.16E+05	1.70E+05	0.00E+00
Na-22	4.47E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	5.95E+06	1.17E+08	1.27E+05	0.00E+00	8.92E+04	0.00E+00	0.00E+00	8.47E+05	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	1.20E+09	7.05E+08	8.38E+07	6.61E+08	3.10E+08	3.24E+07	2.75E+08	4.69E+08	4.40E+07	5.40E+08
Nb-97	6.34E+08	1.47E+08	2.13E+07	1.18E+08	2.49E+08	2.07E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A12.7 (2/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año) (continuación)

Unidad I

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	1.13E+07	0.00E+00	1.36E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	3.31E+07	4.37E+06	0.00E+00	8.02E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.05E+07	2.62E+06	4.65E+07
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.63E+05	3.51E+07	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	2.34E+08	1.08E+08	0.00E+00	0.00E+00	2.31E+07	0.00E+00	6.91E+07	1.50E+08	1.01E+06	6.44E+07
Sb-125	1.64E+09	9.24E+08	2.43E+08	2.29E+08	9.39E+07	4.21E+07	5.40E+08	2.80E+08	3.69E+08	9.80E+07
Sc-46	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	7.14E+07	2.37E+07	1.36E+06	2.38E+07	2.10E+05	3.77E+05	1.97E+06	1.98E+06	1.82E+05	2.02E+06
Sr-85	0.00E+00	3.33E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.17E+08	2.44E+08	1.06E+08	8.70E+07	7.59E+07	1.64E+07	6.11E+07	4.45E+08	4.62E+07	1.71E+0
Sr-90	6.10E+07	8.01E+07	6.01E+07	1.93E+08	7.19E+07	6.36E+07	2.52E+08	1.11E+09	4.70E+07	1.33E+08
Sr-91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-92	4.70E+07	1.58E+07	2.26E+06	2.28E+06	8.92E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	1.48E+06	9.58E+07	3.50E+05	2.69E+05	1.42E+06	0.00E+00	2.01E+06	4.79E+05	1.92E+05	0.00E+00
Te-132	2.11E+08	7.92E+06	0.00E+00	2.01E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-235	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W-187	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	2.21E+09	1.87E+09	3.96E+08	2.21E+08	1.19E+07	4.87E+06	3.20E+06	2.69E+07	4.27E+08	1.08E+09
Xe-133 m	3.29E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	5.57E+08	1.84E+08	1.89E+05	4.54E+06	9.28E+05	0.00E+00	0.00E+00	4.02E+06	0.00E+00	6.81E+05
Xe-135 m	2.05E+09	1.08E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-91 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-92	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.45E+05
Zr-95	6.78E+08	2.91E+08	2.43E+07	3.83E+08	1.57E+08	2.84E+07	1.54E+08	2.80E+08	1.28E+07	3.00E+08
Zr-97	7.03E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A12.7 (3/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Unidad II

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	8.59E+05	1.05E+07	1.28E+08	2.47E+07	3.56E+07	6.22E+06	0.00E+00	1.66E+07
Ar-41	6.00E+05	1.00E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.23E+07	2.63E+06	0.00E+00	2.71E+06	1.13E+06	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	2.56E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+07	0.00E+00	1.54E+06
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	2.14E+06	0.00E+00	0.00E+00	7.62E+05	2.42E+06	3.52E+05	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.94E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+07	1.13E+07	0.00E+00	6.03E+05
Co-57	2.13E+04	3.26E+06	3.19E+07	2.26E+07	2.06E+05	5.31E+05	1.00E+06	2.50E+06	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.42E+09	3.70E+10	3.13E+10	2.92E+10	9.74E+09	4.81E+09	5.26E+09	2.03E+09	3.32E+09	3.37E+09
Co-60	8.19E+07	3.01E+09	6.48E+09	5.96E+09	3.26E+09	2.17E+09	2.16E+09	1.69E+09	1.28E+09	2.50E+09
Cr-51	3.19E+08	1.00E+10	2.99E+09	4.09E+09	4.48E+09	9.06E+08	1.36E+09	6.08E+08	8.95E+08	2.16E+09
Cs-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	2.53E+08	8.69E+07	2.65E+09	2.52E+09	1.14E+09	1.14E+09	4.26E+08	7.38E+08	2.58E+08
Cs-136	0.00E+00	9.33E+06	5.23E+07	3.38E+07	1.03E+07	0.00E+00	1.13E+07	0.00E+00	1.27E+05	0.00E+00
Cs-137	1.89E+05	2.28E+09	6.46E+08	7.16E+09	3.18E+09	1.41E+09	1.77E+09	6.69E+08	9.73E+08	4.56E+08
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	1.85E+07	1.46E+09	6.23E+08	6.40E+08	4.69E+08	9.81E+07	9.55E+07	3.37E+07	3.20E+07	4.80E+07
F-18	0.00E+00	0.00E+00	7.74E+06	0.00E+00	7.88E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	4.40E+11	2.00E+13	1.62E+13	1.83E+13	2.35E+13	1.92E+13	2.25E+13	2.66E+13	3.29E+13	1.80E+13
I-131	2.68E+04	2.52E+06	2.37E+08	2.75E+08	1.99E+08	3.74E+08	2.51E+08	1.36E+08	2.96E+06	5.80E+07
I-132	0.00E+00	2.93E+05	3.38E+06	0.00E+00	2.85E+06	4.76E+06	8.90E+07	3.66E+08	6.11E+07	1.07E+08
I-133	4.29E+04	9.19E+06	5.34E+07	4.26E+07	5.02E+07	1.02E+08	1.74E+07	2.23E+07	0.00E+00	2.24E+07
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	1.14E+07	4.72E+08	8.68E+07	2.15E+08	1.58E+08	0.00E+00	0.00E+00	2.02E+07	1.11E+08	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	3.38E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	1.30E+07	1.32E+09	4.91E+09	3.21E+09	5.70E+08	2.14E+08	2.26E+08	1.24E+08	7.11E+07	1.81E+08
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Na-24	8.41E+05	5.84E+08	4.26E+08	6.04E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.61E+06	1.06E+05	1.12E+06	1.96E+05
Nb-95	6.90E+06	1.32E+09	1.17E+09	9.42E+08	9.54E+08	5.15E+08	5.07E+08	2.72E+08	3.57E+08	8.40E+08
Nb-97	0.00E+00	5.72E+06	6.82E+07	1.39E+08	1.98E+08	4.29E+07	6.25E+07	2.94E+07	0.00E+00	5.82E+07
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.36E+08	0.00E+00	4.87E+07	0.00E+00	1.41E+07	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	3.31E+06	0.00E+00	1.14E+06	9.66E+07	4.43E+07	2.25E+07	7.10E+06	5.46E+06
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+07	7.05E+05	0.00E+00
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	1.04E+07	3.32E+08	2.28E+08	1.40E+09	0.00E+00	6.72E+06	3.14E+08	4.30E+07	2.03E+08	9.89E+07
Sb-125	0.00E+00	4.09E+07	6.34E+08	3.08E+09	1.42E+08	2.50E+08	1.56E+09	1.90E+09	2.92E+09	2.43E+09
Sn-113	0.00E+00	7.51E+07	1.36E+07	1.23E+06	2.54E+06	8.43E+06	3.39E+07	2.37E+07	1.04E+07	5.29E+07
Sr-85	2.41E+04	1.99E+06	0.00E+00	3.41E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	2.59E+04	1.92E+09	2.89E+09	1.21E+09	3.90E+09	4.44E+08	3.94E+08	4.07E+08	5.14E+08	1.03E+09

Tabla A12.7 (3/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año) (continuación)

Unidad II

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sr-90	0.00E+00	9.41E+08	9.74E+08	1.76E+08	6.93E+08	8.75E+07	7.87E+07	1.84E+08	2.46E+08	1.89E+08
Sr-92	0.00E+00	0.00E+00	4.01E+06	1.57E+06	1.35E+06	7.23E+05	1.01E+06	8.25E+05	1.17E+05	0.00E+00
Tc-99 m	5.78E+05	1.36E+05	1.57E+07	2.78E+07	5.97E+06	1.17E+07	1.97E+07	2.35E+07	5.37E+05	6.82E+06
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	2.62E+06	7.33E+06	4.34E+06	6.39E+06	6.84E+07	3.59E+08	1.17E+08	1.65E+08
W-187	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	6.52E+05	1.01E+09	1.67E+09	5.65E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	7.10E+08	1.96E+10	1.19E+11	2.36E+11	4.35E+10	1.70E+10	3.08E+09	2.47E+09	1.89E+09	2.86E+09
Xe-133 m	4.06E+05	1.64E+07	7.26E+08	1.24E+09	1.24E+08	1.67E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.77E+07
Xe-135	3.53E+06	7.08E+07	4.39E+08	5.53E+08	5.86E+07	3.97E+08	1.56E+08	1.48E+08	2.26E+07	2.08E+07
Xe-135 m	0.00E+00	1.03E+06	0.00E+00	2.32E+07	0.00E+00	4.60E+06	4.91E+06	5.00E+06	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	3.00E+05	3.83E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.89E+05	0.00E+00
Zr-95	9.25E+06	7.44E+08	4.08E+08	3.35E+08	4.78E+08	1.91E+08	2.82E+08	1.41E+08	2.14E+08	5.53E+08
Zr-97	0.00E+00	1.03E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.05E+06	2.44E+05	7.49E+04	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A12.7 (4/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Unidad II

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	7.20E+06	1.01E+07	0.00E+00	3.18E+06	1.18E+09	3.82E+08	1.09E+09	1.43E+09	7.21E+08
Ar-41	3.85E+05	6.49E+05	5.23E+04	0.00E+00	1.82E+06	0.00E+00	7.55E+05	1.71E+06	0.00E+00
Ba-140	6.06E+06	1.20E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+08	1.86E+07	0.00E+00	4.09E+07	5.21E+07
Ce-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.85E+05	0.00E+00
Ce-141	,5.87E+07	2.71E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.42E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+07	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.25E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E+05
Co-58	2.07E+10	3.16E+09	7.76E+08	2.64E+09	1.61E+09	1.82E+08	1.27E+09	9.99E+08	2.22E+08
Co-60	5.95E+09	1.03E+09	3.90E+08	8.58E+08	1.03E+09	6.16E+08	9.58E+08	7.60E+08	4.87E+08
Cr-51	1.39E+09	7.91E+08	1.87E+08	1.06E+09	1.53E+09	0.00E+00	1.09E+09	3.78E+08	1.74E+07
Cs-131	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	1.09E+09	2.95E+08	2.50E+08	2.17E+08	4.33E+08	5.15E+07	1.17E+08	1.16E+06	1.13E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.23E+09	6.58E+08	3.94E+08	7.26E+08	8.46E+08	1.32E+08	3.59E+08	1.13E+08	6.58E+07
Cs-138	0.00E+00	4.86E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	7.31E+07	5.34E+07	2.50E+07	1.31E+08	3.56E+07	0.00E+00	5.45E+06	2.94E+06	0.00E+00
F-18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	4.25E+13	3.35E+13	3.69E+13	2.53E+13	2.80E+13	4.49E+13	2.37E+13	4.82E+13	3.72E+13
I-131	1.05E+08	9.63E+06	2.42E+06	2.19E+07	1.32E+08	1.04E+05	4.27E+05	7.00E+06	0.00E+00
I-132	5.85E+07	1.22E+07	0.00E+00	1.69E+07	0.00E+00	0.00E+00	4.80E+07	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.79E+07	1.74E+06	0.00E+00	9.57E+06	4.10E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.23E+06	0.00E+00

Tabla A12.7 (4/4). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año) (continuación)

Unidad II

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.12E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	9.39E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	0.00E+00	0.00E+00
La-140	3.74E+07	6.21E+05	0.00E+00	0.00E+00	2.84E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	6.48E+08	1.04E+08	9.84E+07	2.04E+08	1.97E+08	6.95E+07	1.13E+08	5.82E+07	1.57E+07
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E+06	1.97E+06	2.14E+06	1.01E+06	6.79E+06
Na-24	0.00E+00	7.76E+06	0.00E+00	1.99E+06	3.34E+04	0.00E+00	0.00E+00	2.54E+06	0.00E+00
Nb-95	1.23E+09	3.74E+08	1.90E+08	2.81E+08	5.09E+08	2.55E+07	4.11E+08	2.21E+08	1.93E+07
Nb-97	1.12E+07	1.66E+07	1.37E+06	1.91E+07	1.55E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	8.48E+07	8.31E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.50E+06	0.00E+00
Ru-106	2.34E+07	0.00E+00	5.76E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+08	8.92E+07
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.58E+06	1.04E+06	4.09E+06	9.35E+05	0.00E+00
Sb-124	9.61E+06	2.03E+07	0.00E+00	1.22E+06	1.72E+07	0.00E+00	4.86E+07	1.17E+08	1.37E+07
Sb-125	1.17E+09	6.05E+08	5.31E+08	5.61E+08	9.85E+08	1.70E+08	2.11E+08	1.22E+09	5.20E+08
Sn-113	3.22E+07	1.09E+07	4.93E+06	1.95E+06	9.67E+06	0.00E+00	1.60E+06	8.48E+05	6.66E+05
Sr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.50E+08	9.42E+08	3.43E+07	6.56E+08	5.15E+08	1.53E+08	1.19E+08	1.34E+08	6.00E+07
Sr-90	1.61E+08	4.00E+08	1.39E+07	4.66E+08	2.28E+08	6.29E+07	4.85E+08	8.17E+08	1.15E+08
Sr-92	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99 m	3.05E+07	7.19E+06	9.68E+05	1.77E+07	1.47E+07	2.33E+06	2.63E+06	1.09E+06	8.88E+06
Te-132	1.05E+08	1.27E+07	0.00E+00	1.76E+07	2.26E+04	0.00E+00	5.87E+07	0.00E+00	0.00E+00
W-187	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.10E+06	1.80E+06
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.74E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+07	0.00E+00
Xe-133	2.61E+09	6.02E+09	2.87E+07	8.21E+08	1.25E+10	1.34E+08	6.91E+07	3.96E+08	1.80E+08
Xe-133 m	8.55E+06	4.81E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.27E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	3.81E+07	1.25E+08	2.66E+06	1.93E+07	5.22E+07	3.82E+06	2.04E+06	4.60E+06	3.27E+07
Xe-135 m	0.00E+00	2.73E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	1.97E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	7.31E+08	1.91E+08	1.04E+08	1.50E+08	3.32E+08	1.21E+07	2.64E+08	1.42E+08	8.59E+06
Zr-97	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A12.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Lérida				
Almatret	7.00E-08	6.90E-08	4.60E-08	9.40E-11
Bovera	1.00E-07	1.00E-07	7.00E-08	5.10E-11
Granadella (La)	7.60E-08	7.50E-08	4.90E-08	3.50E-11
Granyena de les Garrigues	4.80E-08	4.80E-08	2.90E-08	2.00E-11
Juncosa	3.50E-08	3.50E-08	2.10E-08	1.40E-11
Llardecans	9.30E-08	9.30E-08	6.00E-08	8.70E-11
Maials	1.20E-07	1.20E-07	7.60E-08	1.70E-10
Bellaguarda	4.60E-08	4.60E-08	3.00E-08	2.00E-11
Sarroca de Lleida	5.50E-08	5.50E-08	3.30E-08	4.50E-11
Soleràs (El)	5.10E-08	5.10E-08	3.20E-08	2.10E-11
Torms (Els)	5.30E-08	5.20E-08	3.30E-08	2.20E-11
Torrebesses	6.60E-08	6.50E-08	4.00E-08	5.60E-11
Tarragona				
Argentera (L')	6.20E-08	6.20E-08	3.70E-08	1.20E-10
Ascó	1.10E-06	1.10E-06	9.50E-07	1.50E-09
Batea	3.00E-08	2.90E-08	1.80E-08	1.50E-11
Bellmunt del Priorat	1.30E-07	1.30E-07	8.80E-08	3.10E-10
Benifallet	3.70E-08	3.70E-08	2.30E-08	2.40E-11
Benissanet	8.90E-08	8.80E-08	5.90E-08	7.30E-11
Bisbal de Falset (La)	6.70E-08	6.70E-08	4.50E-08	3.10E-11
Bot	5.40E-08	5.40E-08	3.30E-08	3.40E-11
Cabacés	6.10E-08	6.10E-08	4.10E-08	4.40E-11
Capçanes	9.90E-08	9.90E-08	6.30E-08	2.20E-10
Colldejou	6.40E-08	6.30E-08	3.80E-08	1.30E-10
Corbera d'Ebre	1.10E-07	1.10E-07	7.30E-08	8.00E-11
Cornudella de Montsant	2.40E-08	2.40E-08	1.40E-08	1.40E-11
Falset	9.30E-08	9.30E-08	5.90E-08	2.00E-10
Fatarella (La)	1.20E-07	1.20E-07	8.70E-08	8.40E-11
Figuera (La)	1.10E-07	1.10E-07	7.30E-08	2.00E-10
Flix	1.20E-06	1.20E-06	9.60E-07	3.00E-09
Gandesa	8.00E-08	8.00E-08	5.20E-08	5.50E-11
Garcia	2.00E-07	2.00E-07	1.40E-07	2.80E-10
Ginestar	8.00E-08	7.90E-08	5.20E-08	6.40E-11
Gratallops	7.60E-08	7.60E-08	5.00E-08	1.30E-10
Guiamets (Els)	1.10E-07	1.10E-07	7.50E-08	2.60E-10
Lloar (El)	9.10E-08	9.10E-08	6.20E-08	1.60E-10
Margalef	4.60E-08	4.60E-08	3.00E-08	3.10E-11
Marçà	9.90E-08	9.80E-08	6.30E-08	2.20E-10
Masroig (El)	1.40E-07	1.40E-07	9.60E-08	3.40E-10
Miravet	5.80E-08	5.80E-08	3.80E-08	4.20E-11
Molar (El)	2.10E-07	2.10E-07	1.50E-07	5.30E-10
Móra d'Ebre	1.20E-07	1.20E-07	8.40E-08	1.10E-10
Móra la Nova	1.30E-07	1.30E-07	8.80E-08	1.10E-10
Morera de Montsant (La)	3.20E-08	3.10E-08	2.00E-08	1.90E-11
Palma d'Ebre (La)	9.40E-08	9.30E-08	6.60E-08	4.60E-11
Pinell de Brai (El)	4.90E-08	4.90E-08	3.10E-08	3.40E-11
Pobla de Massaluca (La)	4.10E-08	4.00E-08	2.70E-08	2.10E-11
Poboleda	5.10E-08	5.00E-08	3.20E-08	8.10E-11
Porrera	4.90E-08	4.80E-08	3.00E-08	7.70E-11
Pradell de la Teixeta	4.40E-08	4.30E-08	2.70E-08	6.60E-11
Prat de Comte	5.00E-08	5.00E-08	3.00E-08	3.10E-11
Rasquera	4.50E-08	4.40E-08	2.80E-08	3.00E-11
Riba-Roja d'Ebre	1.70E-07	1.60E-07	1.20E-07	2.70E-10
Tivissa	6.50E-08	6.40E-08	4.10E-08	7.20E-11
Torre de Fontaubella (La)	7.30E-08	7.30E-08	4.50E-08	1.50E-10
Torre de l'Espanyol (La)	4.60E-07	4.60E-07	3.70E-07	1.20E-09
Torroja del Priorat	6.20E-08	6.10E-08	4.00E-08	1.00E-10
Ulldemolins	2.40E-08	2.40E-08	1.40E-08	1.40E-11
Vandellós I L'Hospitalet de L'Infant	4.30E-08	4.30E-08	2.60E-08	4.40E-11
Vilella Alta (La)	7.30E-08	7.30E-08	4.80E-08	1.30E-10
Vilella Baixa (La)	8.40E-08	8.30E-08	5.60E-08	1.50E-10
Vilalba Dels Arcs	9.10E-08	9.00E-08	6.10E-08	6.30E-11
Vinebre	1.40E-06	1.30E-06	1.10E-06	2.90E-09
Zaragoza				
Fayón	3.50E-08	3.50E-08	2.20E-08	1.80E-11
Mequinenza	3.30E-08	3.30E-08	1.90E-08	3.60E-11
Nonaspe	2.40E-08	2.40E-08	1.40E-08	1.10E-11

Tabla A12.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	50	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	50	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	9.43E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XIII: Central nuclear de Cofrentes

Provincia:	Valencia
Tecnología	BWR-6 General Electric
Potencia:	980 MWe (3.032 MWt)
Comienzo de la operación:	Octubre de 1984
Energía producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	145 TWh (16,6 GW x año)

La central nuclear de Cofrentes consiste en un reactor de agua en ebullición (BWR) de General Electric, diseño BWR-6 Mark-III, con 3.032 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en octubre de 1984 y continúa actualmente.

Se detallan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Cofrentes desde su entrada en funcionamiento (1985) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km, vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A13.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear de Cofrentes se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos, los hábitos alimenticios de la provincia de Valencia (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A13.8) y las particularidades de la zona en lo referente al consumo de agua del río Júcar aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluen-

tes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el río de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A13.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua del río Júcar. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el río es fronterizo o atraviesa el término municipal.
- En estos municipios, se considera como vía de ingestión el agua bebida por animales.
- De acuerdo con las captaciones de agua aprobadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar no se ha identificado concesión alguna de agua para consumo humano o uso agrícola. No se consideran, por lo tanto, las vías de exposición de agua potable ni de ingestión de vegetales ni de pastos ingeridos por los animales.
- No se considera la vía de leche de vaca, carne de vaca y carne de cerdo por no haber producción en ninguno de los municipios afectados por exposición a los efluentes líquidos.

Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A13.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

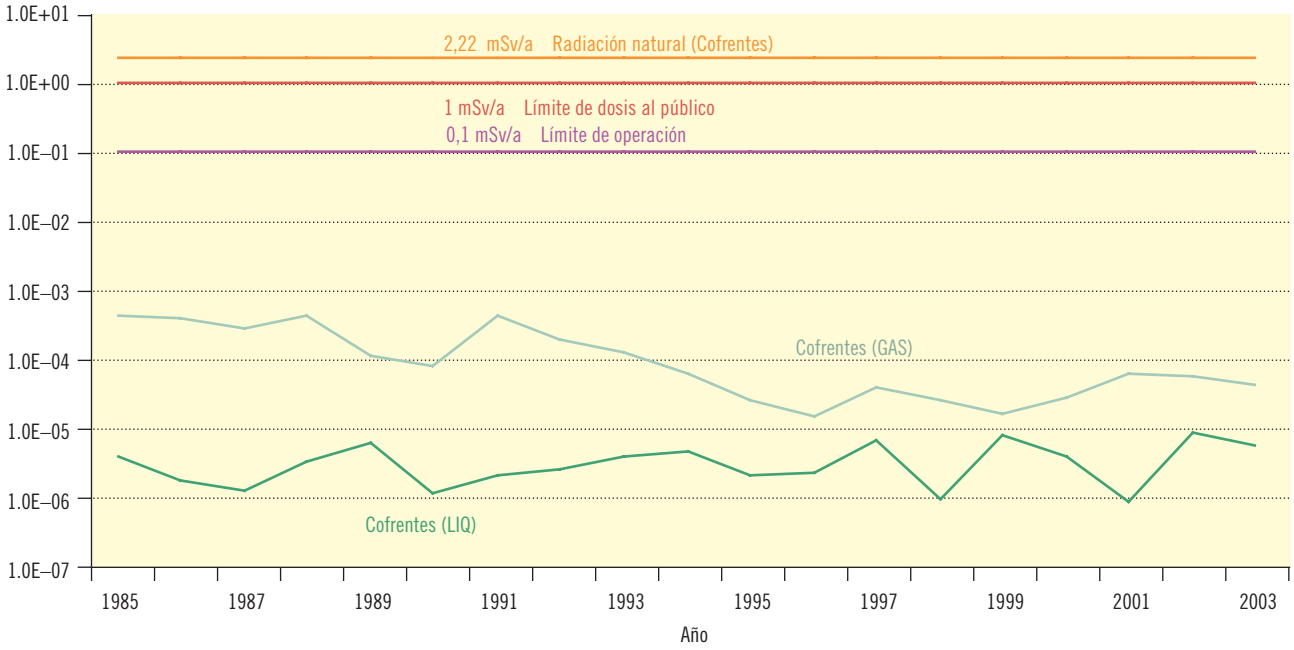
	Vías de exposición			
Municipios	Exposición orillas	Pescado río	Leche cabra	Carne cabra, y caza
Cofrentes, Cortes de Pallás, Dos Aguas, Millares	✓	✓	✓	✓
Resto	—	—	—	—

Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y caudales medios del río Jucar correspondientes a cada año del periodo del estudio.

Resultados

En la figura A13.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en la población más significativa (Cofrentes). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Cofrentes.

Figura A13.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A13.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Cofrentes.

En la figura A13.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Cofrentes en el último año del periodo de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A13.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A13.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A13.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el municipio de mayor dosis acumulada es Cofrentes (2.63E-3 mSv) y el de menor es Alatoz (2.84E-5 mSv).

Finalmente, la figura A13.5 y la tabla A13.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A13.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Cuenca										
Alatoz	2.99E-06	2.89E-06	3.24E-06	3.40E-06	7.47E-07	5.92E-07	4.21E-06	2.65E-06	1.31E-06	7.70E-07
Balsa de Ves	1.34E-05	1.27E-05	1.16E-05	1.40E-05	3.02E-06	2.32E-06	1.61E-05	9.24E-06	4.84E-06	2.69E-06
Carcelén	4.13E-06	3.98E-06	4.29E-06	4.64E-06	1.00E-06	8.04E-07	5.66E-06	3.48E-06	1.74E-06	1.01E-06
Casas de Ves	4.32E-06	4.13E-06	4.30E-06	4.66E-06	1.00E-06	7.63E-07	5.65E-06	3.44E-06	1.74E-06	1.01E-06
Villa de Ves	9.18E-06	8.74E-06	8.45E-06	1.00E-05	2.11E-06	1.78E-06	1.19E-05	6.85E-06	3.51E-06	1.96E-06
Villatoya	3.37E-06	3.24E-06	3.49E-06	3.69E-06	8.01E-07	6.09E-07	4.52E-06	2.81E-06	1.41E-06	8.25E-07
Valencia										
Ayora	1.91E-05	1.81E-05	1.72E-05	1.97E-05	4.27E-06	3.12E-06	2.30E-05	1.36E-05	7.05E-06	4.00E-06
Bicorp	7.62E-06	7.38E-06	8.21E-06	8.77E-06	1.97E-06	1.60E-06	1.08E-05	6.70E-06	3.35E-06	1.96E-06
Cofrentes	4.00E-04	3.66E-04	2.44E-04	3.88E-04	1.08E-04	7.04E-05	3.78E-04	1.86E-04	1.14E-04	5.72E-05
Cortes de Pallás	4.02E-05	3.62E-05	3.33E-05	4.04E-05	1.37E-05	6.86E-06	4.50E-05	2.77E-05	1.68E-05	1.16E-05
Dos Aguas	9.97E-06	7.88E-06	8.64E-06	1.04E-05	7.16E-06	2.22E-06	1.10E-05	8.33E-06	6.48E-06	5.87E-06
Jalance	1.94E-04	1.80E-04	1.34E-04	1.97E-04	5.08E-05	3.59E-05	2.02E-04	1.06E-04	6.03E-05	3.02E-05
Jarafuel	4.97E-05	4.67E-05	4.02E-05	5.11E-05	1.15E-05	8.58E-06	5.71E-05	3.21E-05	1.71E-05	9.23E-06
Macastre	4.33E-06	4.29E-06	5.77E-06	5.20E-06	1.32E-06	8.46E-07	6.53E-06	4.68E-06	2.25E-06	1.40E-06
Millares	9.97E-06	7.87E-06	8.43E-06	1.04E-05	7.13E-06	2.29E-06	1.11E-05	8.22E-06	6.43E-06	5.82E-06
Quesa	5.39E-06	5.25E-06	6.15E-06	6.38E-06	1.46E-06	1.18E-06	7.97E-06	5.05E-06	2.49E-06	1.48E-06
Teresa de Cofrentes	3.87E-05	3.64E-05	3.23E-05	3.96E-05	8.68E-06	6.42E-06	4.49E-05	2.56E-05	1.35E-05	7.45E-06
Yátova	4.79E-06	4.74E-06	6.24E-06	5.69E-06	1.43E-06	9.20E-07	7.13E-06	5.05E-06	2.44E-06	1.51E-06
Zarra	2.94E-05	2.77E-05	2.52E-05	3.02E-05	6.57E-06	4.83E-06	3.44E-05	1.96E-05	1.04E-05	5.81E-06

Tabla A13.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Cuenca									
Alatoz	2.74E-07	1.36E-07	7.07E-07	4.50E-07	2.80E-07	5.23E-07	1.44E-06	1.13E-06	6.95E-07
Balsa de Ves	1.00E-06	5.07E-07	2.37E-06	1.49E-06	9.32E-07	1.74E-06	4.65E-06	3.70E-06	2.36E-06
Carcelén	3.63E-07	1.80E-07	9.45E-07	5.82E-07	3.65E-07	6.85E-07	1.88E-06	1.47E-06	9.10E-0
Casas de Ves	3.59E-07	1.77E-07	8.58E-07	5.71E-07	3.57E-07	6.63E-07	1.80E-06	1.42E-06	8.94E-07
Villa de Ves	7.27E-07	3.62E-07	2.04E-06	1.08E-06	6.96E-07	1.33E-06	3.63E-06	2.82E-06	1.75E-06
Villatoya	2.91E-07	1.44E-07	6.99E-07	4.71E-07	2.93E-07	5.44E-07	1.48E-06	1.17E-06	7.32E-07
Valencia									
Ayora	1.45E-06	7.30E-07	3.16E-06	2.23E-06	1.38E-06	2.54E-06	6.79E-06	5.44E-06	3.48E-06
Bicorp	7.05E-07	3.50E-07	1.87E-06	1.11E-06	7.00E-07	1.32E-06	3.62E-06	2.83E-06	1.75E-06
Cofrentes	2.55E-05	1.55E-05	4.04E-05	2.41E-05	2.11E-05	2.91E-05	5.69E-05	5.80E-05	4.23E-05
Cortes de Pallás	4.68E-06	3.49E-06	1.14E-05	5.11E-06	9.43E-06	8.26E-06	1.32E-05	1.81E-05	1.13E-05
Dos Aguas	2.56E-06	2.40E-06	7.18E-06	1.95E-06	7.51E-06	4.76E-06	3.99E-06	1.06E-05	6.41E-06
Jalance	1.29E-05	7.23E-06	2.37E-05	1.53E-05	9.24E-06	1.69E-05	4.14E-05	3.46E-05	2.39E-05
Jarafuel	3.56E-06	1.87E-06	7.90E-06	5.14E-06	3.15E-06	5.83E-06	1.54E-05	1.24E-05	8.02E-06
Macastre	4.85E-07	2.48E-07	9.26E-07	8.79E-07	5.14E-07	9.18E-07	2.52E-06	2.02E-06	1.26E-06
Millares	2.55E-06	2.39E-06	7.32E-06	1.90E-06	7.48E-06	4.74E-06	3.96E-06	1.05E-05	6.37E-06
Quesa	5.30E-07	2.64E-07	1.42E-06	8.62E-07	5.37E-07	1.01E-06	2.79E-06	2.17E-06	1.34E-06
Teresa de Cofrentes	2.79E-06	1.44E-06	6.14E-06	4.13E-06	2.55E-06	4.71E-06	1.25E-05	1.00E-05	6.47E-06
Yátova	5.25E-07	2.68E-07	1.00E-06	9.44E-07	5.54E-07	9.89E-07	2.71E-06	2.18E-06	1.36E-06
Zarra	2.14E-06	1.10E-06	4.70E-06	3.24E-06	2.00E-06	3.69E-06	9.80E-06	7.84E-06	5.05E-06

Figura A13.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Cofrentes, año 2003 ***(Total: 4.81E-06 mSv)***

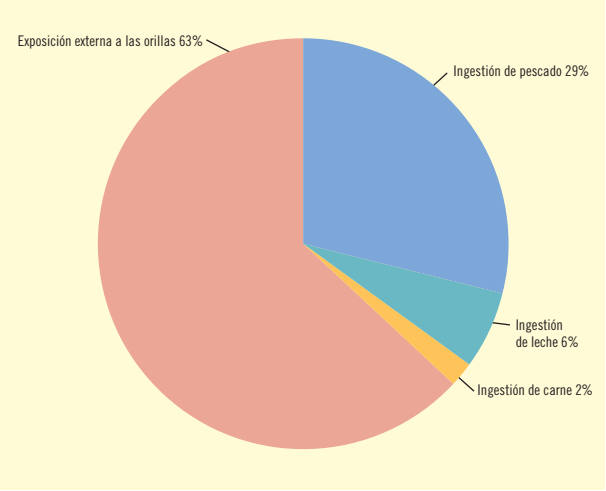


Figura A13.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Cofrentes, año 2003 ***(Total: 3.75E-05 mSv)***

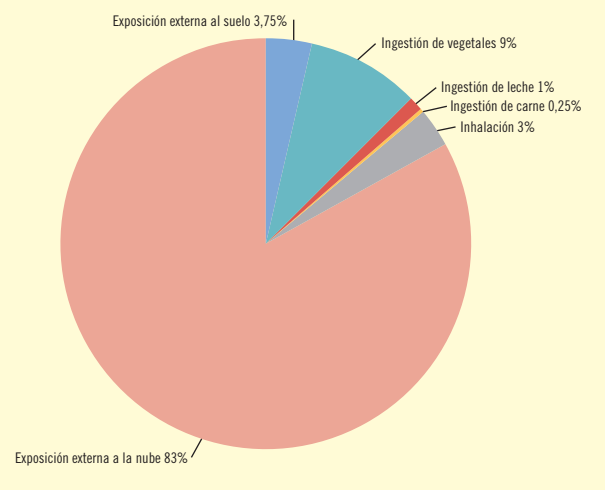


Figura A13.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003

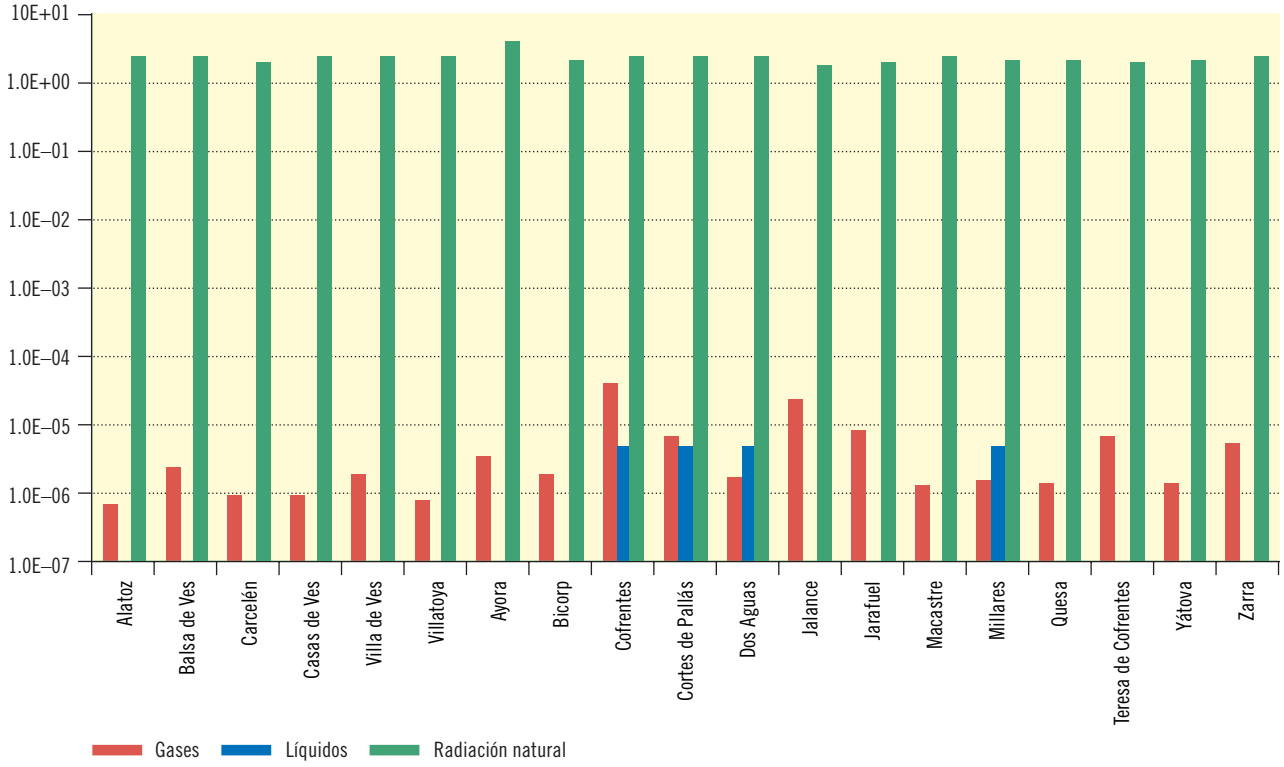


Figura A13.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por la central nuclear de Cofrentes en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1985-2003

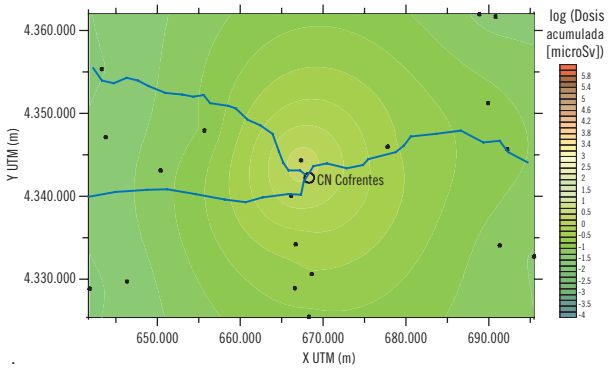


Figura A13.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1985-2003

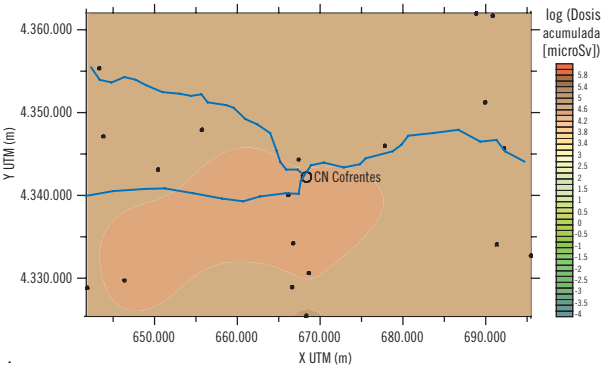


Tabla A13.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Cuenca	
Alatoz	2.84E-05
Balsa de Ves	1.09E-04
Carcelén	3.81E-05
Casas de Ves	3.81E-05
Villa de Ves	7.89E-05
Villatoya	3.06E-05
Valencia	
Ayora	1.56E-04
Bicorp	7.26E-05
Cofrentes	2.63E-03
Cortes de Pallás	3.57E-04
Dos Aguas	1.25E-04
Jalance	1.38E-03
Jarafuel	3.87E-04
Macastre	4.64E-05
Millares	1.25E-04
Quesa	5.37E-05
Teresa de Cofrentes	3.04E-04
Yátova	5.05E-05
Zarra	2.34E-04

Tabla A13.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1985-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Cuenca									
Alatoz	0,72	0,02	0,13	0,05	0,70	0,41	0,32	2,35	44,59
Balsa de Ves	0,72	0,02	0,13	0,03	0,58	0,38	0,32	2,18	41,50
Carcelén	0,23	0,02	0,13	0,04	0,67	0,42	0,32	1,83	34,79
Casas de Ves	0,72	0,02	0,13	0,04	0,67	0,38	0,32	2,28	43,32
Villa de Ves	0,72	0,02	0,13	0,03	0,60	0,38	0,32	2,21	41,95
Villatoya	0,72	0,02	0,13	0,06	0,73	0,33	0,32	2,31	43,91
Valencia									
Ayora	2,14	0,02	0,13	0,05	0,71	0,36	0,32	3,73	70,88
Bicorp	0,72	0,02	0,13	0,03	0,58	0,32	0,32	2,11	40,17
Cofrentes	0,80	0,02	0,13	0,03	0,59	0,33	0,32	2,22	42,20
Cortes de Pallás	0,72	0,02	0,13	0,03	0,61	0,33	0,32	2,16	41,13
Dos Aguas	0,83	0,02	0,13	0,03	0,58	0,33	0,32	2,23	42,43
Jalance	0,19	0,02	0,13	0,04	0,66	0,34	0,32	1,69	32,20
Jarafuel	0,39	0,02	0,13	0,05	0,68	0,36	0,32	1,94	36,90
Macastre	0,72	0,02	0,13	0,05	0,71	0,33	0,32	2,28	43,25
Millares	0,72	0,02	0,13	0,03	0,58	0,32	0,32	2,12	40,27
Quesa	0,72	0,02	0,13	0,03	0,61	0,31	0,32	2,14	40,63
Teresa de Cofrentes	0,48	0,02	0,13	0,03	0,60	0,35	0,32	1,92	36,57
Yátova	0,51	0,02	0,13	0,06	0,73	0,34	0,32	2,10	39,97
Zarra	0,72	0,02	0,13	0,06	0,74	0,35	0,32	2,35	44,57

Tabla A13.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
16	Cuenca	2	Alatoz	29.694	WSW
		13	Balsa de Ves	13.864	WNW
		20	Carcelén	25.303	WSW
		23	Casas de Ves	25.025	WNW
		77	Villa de Ves	17.965	W
		82	Villatoya	28.280	WNW
46	Valencia	44	Ayora	16.793	S
		71	Bicorp	24.401	ESE
		97	Cofrentes	2.318	NNW
		99	Cortes de Pallás	10.182	ENE
		115	Dos Aguas	23.394	ENE
		142	Jalance	3.084	SW
		144	Jarafuel	8.183	SSW
		158	Macastre	29.749	NE
		167	Millares	24.139	E
		206	Quesa	28.750	ESE
		239	Teresa de Cofrentes	11.616	S
		261	Yátova	28.477	NE
		263	Zarra	13.418	S

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A13.6 y A13.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A13.6 y A13.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA).

Figura A13.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

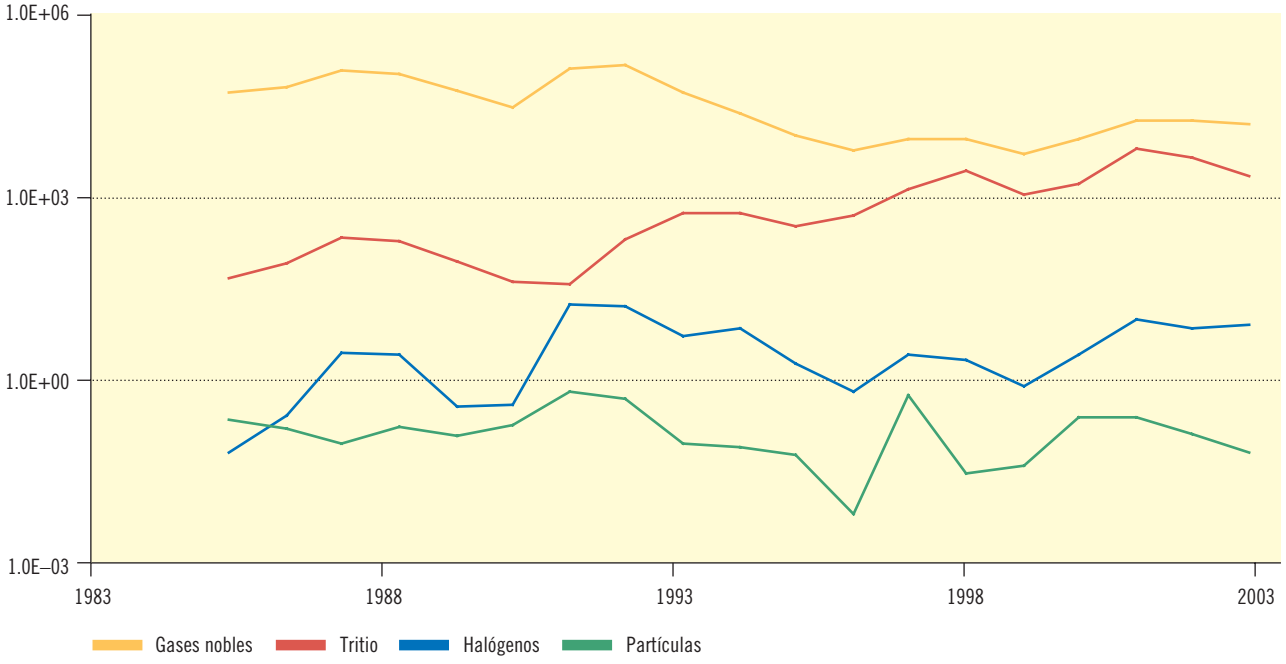


Figura A13.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

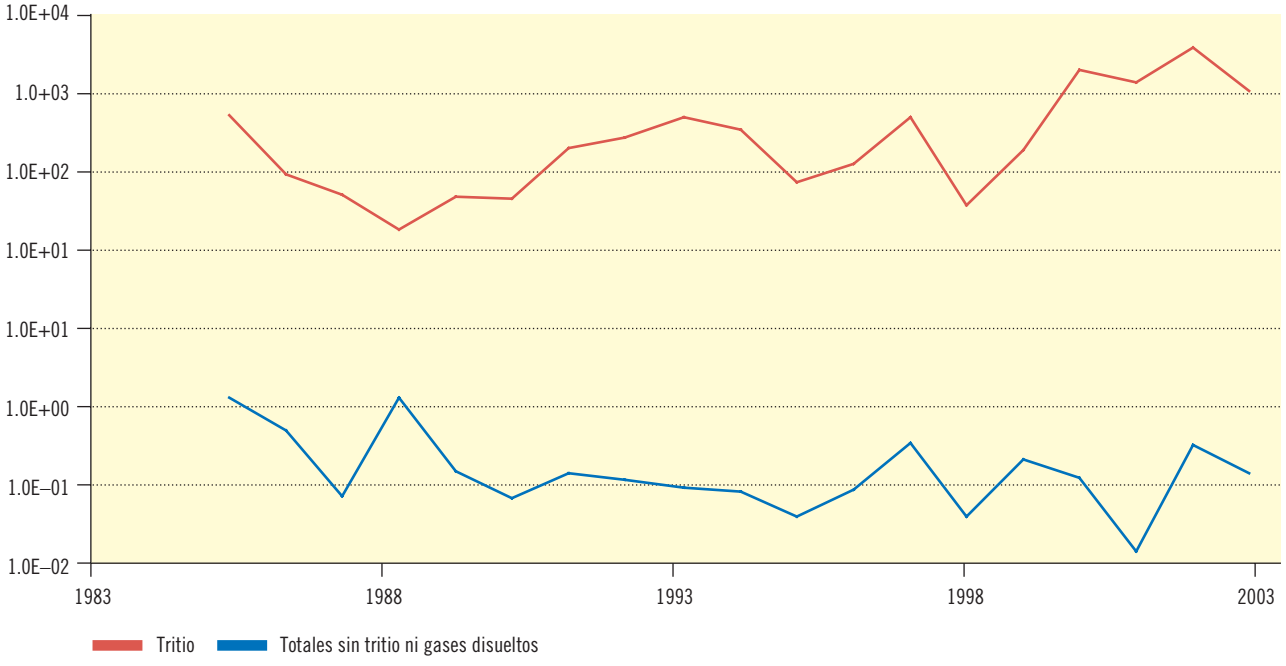


Tabla A13.6 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ar-41	1.27E+13	1.22E+13	1.08E+10	2.19E+13	1.38E+11	9.50E+10	1.51E+10	2.16E+11	2.55E+10	8.11E+09
Ba-140	0.00E+00	9.80E+04	1.08E+06	8.35E+05	0.00E+00	0.00E+00	7.36E+07	7.17E+07	1.29E+07	2.85E+07
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.99E+04	2.40E+06	4.17E+06	6.98E+05	1.45E+06
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.81E+07	6.35E+06	6.99E+05	4.97E+06	2.39E+06	5.25E+06	5.41E+06	0.00E+00	2.98E+05	6.97E+04
Co-60	2.66E+06	5.88E+06	2.67E+06	1.38E+07	4.52E+06	2.92E+07	1.64E+07	2.17E+06	6.58E+06	1.75E+06
Cr-51	1.21E+08	8.77E+07	1.51E+07	7.62E+07	7.67E+07	5.70E+07	1.45E+08	0.00E+00	1.27E+06	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	4.98E+06	1.08E+07	7.40E+06	1.20E+06	1.57E+06	8.14E+06	3.21E+05	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	1.06E+06	1.51E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	4.66E+06	1.23E+07	1.10E+07	1.93E+06	5.18E+06	1.38E+07	3.33E+06	3.71E+06	1.16E+06
Fe-59	2.19E+05	0.00E+00	0.00E+00	2.11E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	4.13E+10	7.10E+10	1.87E+11	1.70E+11	7.78E+10	3.56E+10	3.31E+10	1.78E+11	4.96E+11	4.97E+11
I-131	9.07E+06	1.67E+08	1.61E+09	1.83E+09	1.38E+08	3.21E+07	3.05E+09	1.48E+09	6.04E+08	3.80E+08
I-133	4.18E+07	5.00E+07	4.98E+08	2.50E+08	1.63E+08	1.85E+08	6.14E+09	5.85E+09	1.90E+09	2.33E+09
I-135	0.00E+00	0.00E+00	2.72E+08	1.53E+08	1.13E+07	1.04E+08	5.77E+09	6.32E+09	1.90E+09	3.31E+09
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	1.06E+12	4.70E+11	2.54E+12	1.49E+12	4.12E+12	3.19E+12	1.06E+12	2.46E+11
Kr-85 m	8.20E+12	1.25E+13	1.66E+12	1.08E+12	1.48E+11	1.02E+11	1.51E+13	2.59E+13	6.35E+12	2.01E+11
Kr-87	4.29E+12	1.85E+12	7.68E+12	3.54E+12	3.21E+11	2.22E+11	4.57E+12	7.83E+11	1.97E+12	9.06E+10
Kr-88	1.17E+13	9.64E+12	1.94E+12	5.49E+11	4.84E+11	3.34E+11	9.81E+12	1.41E+12	1.03E+12	2.86E+10
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+12	8.52E+11	3.11E+12	2.15E+12	3.42E+11	0.00E+00	2.85E+11	1.84E+11
La-140	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+06	8.35E+05	0.00E+00	0.00E+00	7.36E+07	7.17E+07	1.20E+07	0.00E+00
Mn-54	7.73E+05	1.91E+06	1.89E+07	2.36E+06	7.66E+05	6.50E+06	5.13E+06	1.99E+06	7.15E+05	1.37E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	7.55E+04	0.00E+00	5.70E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	7.57E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	9.15E+05	8.10E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.25E+06	0.00E+00	4.07E+04	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.13E+06	0.00E+00	4.52E+06	1.28E+07	8.82E+05	1.25E+07	1.31E+08	9.76E+07	2.80E+07	2.61E+07
Sr-90	4.73E+05	3.10E+05	5.52E+05	1.12E+06	3.68E+05	3.67E+06	3.57E+07	1.59E+08	6.36E+06	4.85E+06
Xe-131 m	0.00E+00	5.36E+11	5.02E+08	9.30E+11	1.17E+10	8.09E+09	2.85E+12	1.93E+12	1.08E+09	6.00E+08
Xe-133	1.10E+13	1.90E+13	4.94E+13	3.85E+13	1.65E+13	6.34E+12	3.95E+13	7.20E+13	1.02E+13	1.99E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+10	0.00E+00	0.00E+00	6.84E+09	2.34E+09	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	5.02E+11	2.23E+12	4.94E+13	2.43E+13	9.50E+12	4.23E+12	2.39E+13	1.68E+13	1.75E+13	1.60E+13
Xe-135 m	8.84E+11	8.53E+09	1.07E+12	1.38E+12	5.05E+12	3.48E+12	1.65E+13	1.34E+13	6.65E+12	1.96E+12
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.82E+12	6.62E+12	4.74E+12	7.28E+11	0.00E+00	6.07E+11	3.91E+11
Xe-138	1.19E+11	1.20E+12	0.00E+00	2.16E+12	5.10E+12	3.52E+12	1.73E+12	0.00E+00	4.67E+11	3.01E+11
Zn-65	4.83E+07	1.65E+07	3.49E+06	1.30E+07	7.94E+06	3.02E+07	3.28E+07	3.94E+06	4.88E+06	6.49E+05
Zr-95	7.55E+04	0.00E+00	5.70E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A13.6 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	1.92E+10	1.64E+10	2.74E+10	1.31E+10	2.78E+09	4.38E+09	4.30E+08	5.18E+09	9.49E+09
Ba-140	4.84E+06	2.73E+05	2.60E+07	1.29E+06	7.53E+05	1.76E+07	2.27E+07	1.77E+07	1.58E+07
Ce-141	7.98E+04	0.00E+00	1.48E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.42E+05	4.58E+04	1.00E+06	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	1.32E+06	2.51E+06	5.99E+06	4.10E+07	8.90E+05	4.60E+05
Co-60	7.04E+05	7.37E+05	4.06E+07	4.17E+06	5.30E+06	1.12E+07	3.92E+07	7.21E+06	5.64E+06
Cr-51	7.11E+05	2.72E+05	1.45E+08	3.46E+06	6.07E+06	8.24E+07	1.24E+06	1.72E+07	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	2.57E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.29E+05	3.52E+06	7.10E+04	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	1.91E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.82E+05	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	2.50E+06	2.44E+05	1.90E+07	2.06E+05	9.52E+04	1.11E+06	2.63E+06	4.28E+05	4.75E+05
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	2.90E+11	4.59E+11	1.18E+12	2.48E+12	9.77E+11	1.49E+12	5.57E+12	3.92E+12	2.00E+12
I-131	1.28E+08	5.19E+07	2.39E+08	1.09E+08	5.33E+07	2.12E+08	5.35E+08	9.17E+08	3.85E+08
I-133	8.65E+08	2.91E+08	9.44E+08	7.65E+08	3.45E+08	9.70E+08	3.23E+09	2.20E+09	2.54E+09
I-135	5.83E+08	1.90E+08	1.07E+09	9.03E+08	2.75E+08	1.06E+09	4.93E+09	2.71E+09	3.80E+09
Kr-85	1.92E+11	1.22E+11	3.19E+11	2.55E+11	2.06E+10	3.25E+10	3.19E+09	3.41E+10	9.23E+10
Kr-85 m	1.42E+11	1.08E+11	2.94E+10	1.43E+10	2.98E+09	4.71E+09	4.62E+08	8.61E+11	2.34E+12
Kr-87	4.48E+10	3.82E+10	6.40E+10	3.07E+10	6.33E+10	1.02E+10	1.00E+09	9.33E+09	1.71E+10
Kr-88	6.76E+10	5.77E+10	9.64E+10	4.63E+10	9.76E+09	1.54E+10	1.51E+09	1.41E+10	4.48E+10
Kr-89	4.34E+11	3.71E+11	6.19E+11	2.97E+11	6.26E+10	9.92E+10	9.72E+09	9.04E+10	1.65E+11
La-140	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+07	4.99E+06	3.26E+06	2.78E+07	3.11E+07	2.83E+07	1.82E+07
Mn-54	1.10E+05	0.00E+00	2.78E+06	5.56E+05	3.81E+05	6.25E+05	2.18E+07	3.03E+05	1.53E+05
Mo-99	5.07E+05	0.00E+00	5.22E+07	0.00E+00	0.00E+00	3.36E+07	5.79E+06	1.57E+06	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.96E+04	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	3.83E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.61E+06	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	1.01E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	5.26E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	3.03E+07	2.06E+06	8.02E+06	3.57E+06	6.86E+06	2.21E+06	2.40E+07	1.05E+07	7.17E+06
Sr-90	9.06E+06	1.30E+06	6.61E+06	1.39E+06	7.16E+05	1.17E+06	3.40E+06	1.71E+07	3.05E+06
Xe-131 m	1.42E+09	1.22E+09	2.03E+09	9.74E+08	2.06E+08	3.24E+08	3.19E+07	6.07E+08	1.11E+09
Xe-133	1.68E+12	1.09E+12	1.83E+12	9.78E+11	2.31E+11	6.19E+11	1.66E+12	2.66E+12	1.56E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.24E+09	0.00E+00
Xe-135	4.40E+12	1.34E+12	1.68E+12	4.67E+12	3.85E+12	6.78E+12	1.40E+13	1.29E+13	8.96E+12
Xe-135 m	7.05E+11	6.09E+11	1.00E+12	4.90E+11	1.02E+11	1.61E+11	2.43E+11	2.17E+11	3.03E+11
Xe-137	9.25E+11	7.90E+11	1.32E+12	6.33E+11	1.34E+11	2.11E+11	2.08E+10	1.93E+11	3.52E+11
Xe-138	7.12E+11	6.07E+11	1.01E+12	4.87E+11	1.03E+11	1.63E+11	1.59E+10	1.48E+11	2.71E+11
Zn-65	2.22E+05	2.04E+05	6.23E+07	3.14E+06	5.91E+06	1.30E+07	1.09E+07	4.23E+06	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A13.7 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ar-41	2.09E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
As-76	5.97E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	2.59E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.79E+06	4.70E+05	4.60E+05	0.00E+00
Ce-141	5.98E+05	4.53E+04	9.07E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.26E+06	5.64E+05	7.70E+05	0.00E+00
Ce-144	1.67E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	6.22E+04	4.30E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.02E+04	1.10E+04	0.00E+00
Co-58	2.08E+08	1.62E+07	5.71E+06	2.28E+06	8.60E+05	3.13E+06	2.90E+06	7.14E+05	0.00E+00	1.04E+06
Co-60	1.58E+07	2.45E+07	2.32E+07	3.55E+07	2.46E+07	3.07E+07	8.94E+07	6.23E+07	6.96E+07	2.94E+07
Cr-51	3.84E+08	7.31E+07	6.48E+06	4.95E+06	3.84E+06	1.79E+07	8.86E+06	3.88E+06	0.00E+00	2.18E+06
Cs-134	0.00E+00	4.20E+05	4.51E+06	2.17E+07	4.87E+07	0.00E+00	4.23E+05	3.37E+06	8.50E+06	8.89E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.55E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	3.73E+06	1.22E+07	2.28E+07	6.53E+07	5.54E+06	2.92E+06	1.66E+07	3.11E+07	4.81E+07
Fe-59	2.34E+06	2.80E+06	0.00E+00	1.39E+06	0.00E+00	1.38E+06	4.43E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
H-3	5.42E+11	1.23E+11	7.32E+10	2.90E+10	6.73E+10	6.47E+10	2.35E+11	3.10E+11	5.16E+11	3.85E+11
I-131	2.59E+05	8.08E+06	4.79E+06	4.83E+06	6.02E+05	0.00E+00	1.33E+07	2.05E+06	2.76E+06	8.91E+05
I-133	9.04E+05	0.00E+00	5.28E+04	1.72E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.37E+08	0.00E+00	9.57E+08
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.36E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.79E+06	4.70E+05	4.60E+05	0.00E+00
Mn-54	1.06E+07	5.28E+06	2.90E+06	8.35E+06	3.75E+06	8.87E+06	2.74E+07	1.05E+07	6.44E+06	3.28E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.69E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.85E+05
Na-24	1.05E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.81E+04	6.84E+03
Nb-95	4.41E+06	3.20E+06	8.57E+04	2.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.62E+06	0.00E+00	0.00E+00	4.44E+04
Nb-97	1.56E+06	1.48E+05	2.02E+05	2.11E+05	1.89E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.59E+05	0.00E+00	0.00E+00
Rh-105	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.91E+05	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	8.42E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	2.50E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-122	1.68E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+06	2.86E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+05	3.87E+04	0.00E+00
Sb-124	4.01E+06	1.59E+06	0.00E+00	2.80E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-113	2.86E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	9.87E+07	2.25E+08	2.57E+07	1.00E+09	1.10E+07	1.21E+07	4.40E+05	2.11E+07	3.09E+06	1.06E+07
Sr-90	2.06E+08	1.08E+08	6.97E+06	1.52E+08	2.41E+07	5.45E+06	3.88E+05	1.80E+07	2.14E+06	7.47E+06
Tc-99 m	1.88E+06	1.04E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.88E+04	0.00E+00	0.00E+00
Tc-101	1.16E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	5.64E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.44E+04	0.00E+00	0.00E+00
W-187	5.11E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	3.37E+08	8.23E+07	5.76E+06	2.18E+05	9.21E+06	0.00E+00	6.31E+08	6.69E+07	2.43E+08	1.47E+07
Xe-135	2.52E+08	2.02E+06	5.20E+05	0.00E+00	1.07E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.58E+07	3.84E+07	8.06E+06
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.55E+05	0.00E+00
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-91 m	4.79E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	2.53E+08	6.60E+07	1.08E+07	1.99E+07	8.85E+06	7.21E+06	2.13E+07	1.20E+07	8.23E+05	1.55E+06
Zn-69 m	1.59E+06	0.00E+00	5.12E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.63E+04	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	4.41E+06	3.20E+06	8.57E+04	2.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.63E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-97	5.18E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A13.7 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
As-76	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-139	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+05
Ce-141	1.31E+04	0.00E+00	2.58E+04	1.27E+04	0.00E+00	1.76E+04	1.58E+04	1.72E+06	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	0.00E+00	2.27E+05	8.51E+04	0.00E+00	2.26E+06	1.29E+06	2.08E+06	1.88E+07	4.19E+05
Co-60	2.42E+07	2.58E+07	1.27E+08	4.66E+07	1.47E+08	6.08E+07	8.14E+06	1.42E+08	1.36E+08
Cr-51	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+05	3.90E+05	1.61E+06	3.23E+07	3.74E+06	1.18E+08	3.39E+06
Cs-134	9.69E+05	1.56E+06	1.72E+07	4.06E+04	1.25E+07	2.07E+06	6.13E+05	4.81E+06	4.65E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	8.63E+06	1.38E+07	6.24E+07	3.76E+06	6.21E+07	3.05E+07	2.02E+06	1.60E+07	2.53E+07
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+05	0.00E+00
H-3	9.94E+10	1.60E+11	5.11E+11	5.43E+10	2.27E+11	1.71E+12	1.25E+12	3.06E+12	1.02E+12
I-131	0.00E+00	6.79E+04	1.62E+06	1.25E+04	9.87E+04	3.16E+05	3.84E+06	1.05E+07	0.00E+00
I-133	0.00E+00	0.00E+00	9.44E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.83E+08	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.38E+06	0.00E+00
Mn-54	3.31E+06	3.05E+06	7.72E+06	3.28E+06	9.54E+06	2.15E+06	7.85E+05	1.08E+07	3.75E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	1.88E+05	3.68E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.36E+06	2.70E+06
Na-24	0.00E+00	1.05E+06	1.66E+05	9.37E+05	8.34E+05	1.31E+05	1.54E+05	3.47E+05	1.13E+05
Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	7.29E+05	1.37E+05	2.33E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.63E+06	0.00E+00
Nb-97	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rh-105	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.02E+06	0.00E+00
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-122	0.00E+00	0.00E+00	2.46E+05	0.00E+00	5.92E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+05	0.00E+00
Sn-113	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	7.31E+06	1.86E+07	1.37E+06	4.52E+05	4.58E+06	2.41E+07	7.89E+05	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	1.53E+07	4.85E+07	1.61E+08	1.41E+06	1.43E+06	1.06E+07	1.78E+06	4.48E+06	6.31E+05
Tc-99 m	7.17E+03	0.00E+00	6.63E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+05
Tc-101	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W-187	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+07	0.00E+00	0.00E+00	1.36E+09	3.17E+07	4.60E+08	2.75E+08
Xe-135	0.00E+00	3.44E+06	4.61E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.91E+08	1.57E+07	1.78E+08	2.15E+08
Xe-135 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.33E+06	0.00E+00	5.45E+06	0.00E+00
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Y-91 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	3.49E+06	5.92E+06	1.04E+07	3.86E+06	2.03E+07	4.69E+06	1.52E+06	1.97E+07	2.56E+06
Zn-69 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	4.56E+05	2.20E+04	1.55E+06	0.00E+00	0.00E+00	2.81E+06	0.00E+00
Zr-97	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A13.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Cuenca				
Alatoz	6.90E-09	6.20E-09	4.90E-09	2.30E-11
Balsa de Ves	2.00E-08	1.90E-08	1.60E-08	7.40E-11
Carcelen	8.60E-09	7.90E-09	6.30E-09	3.10E-11
Casas de Ves	8.40E-09	7.80E-09	6.20E-09	2.70E-11
Villa de Ves	1.40E-08	1.30E-08	1.10E-08	7.00E-11
Villatoya	7.10E-09	6.50E-09	5.10E-09	2.20E-11
Valencia				
Ayora	3.20E-08	3.00E-08	2.80E-08	9.30E-11
Bicorp	1.60E-08	1.50E-08	1.10E-08	6.20E-11
Cofrentes	8.40E-08	8.40E-08	8.30E-08	6.60E-10
Cortes de Pallas	6.20E-08	6.00E-08	4.90E-08	1.50E-10
Municipio	**X/Q (s/m³)**	**X/Qd (s/m³)**	**X/Qdd (s/m³)**	**D/Q (m⁻²)**
Dos Aguas	1.80E-08	1.60E-08	1.20E-08	3.70E-11
Jalance	1.40E-07	1.40E-07	1.40E-07	5.80E-10
Jarafuel	6.80E-08	6.70E-08	6.50E-08	2.30E-10
Macastre	1.60E-08	1.40E-08	1.10E-08	2.30E-11
Millares	1.60E-08	1.50E-08	1.10E-08	4.50E-11
Quesa	1.30E-08	1.20E-08	8.60E-09	4.70E-11
Teresa de Cofrentes	5.60E-08	5.40E-08	5.10E-08	1.80E-10
Yatova	1.70E-08	1.50E-08	1.20E-08	2.50E-11
Zarra	4.50E-08	4.30E-08	4.00E-09	1.40E-10

Tabla A13.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m²mes	110	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m²mes	110	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m³	8.00E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

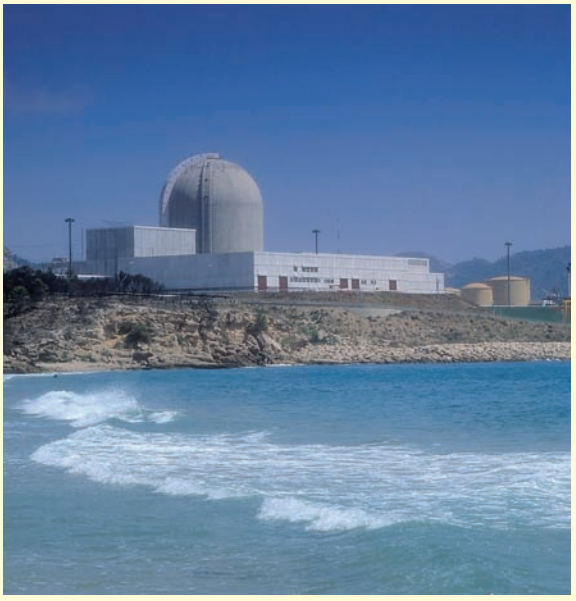
CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XIV: Central nuclear Vandellós II



Provincia:	Tarragona
Tecnología:	PWR Westinghouse
Potencia:	1.054 MWe (2.937 MWt)
Comienzo de la operación:	Noviembre de 1987
Energía producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	123 TWh (14,0 GW x año)

La central nuclear Vandellós II consiste en un reactor de agua a presión (PWR) de diseño Westinghouse, con 2.937 MW de potencia térmica, situada en un emplazamiento muy próximo al de la antigua central Vandellós I, cuya operación comenzó en noviembre de 1987, y que continúa actualmente.

El objeto de este informe es presentar los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear Vandellós II desde su entrada en funcionamiento (1987) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A14.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A14.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear Vandellós II se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos (tablas A14.6 y A14.7), los hábitos alimenticios de la provincia de Tarragona (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento

(tabla A14.8) y las particularidades de la zona referente al consumo de productos procedentes del mar Mediterráneo en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el mar de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A14.9.

En el caso de los efluentes gaseosos, las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran en el entorno de 30 km de la instalación y son ribereños del mar Mediterráneo. Se consideran las siguientes características:

- La vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el mar baña el término municipal.
- En estos municipios sólo se consideran como vías de ingestión las correspondientes a los animales marinos: ingestión de pescado de mar e ingestión de marisco.
- El agua dulce no está contaminada, al realizarse la descarga directamente al mar, por lo que se eliminan las vías de agua potable y agua de bebida de consumo animal, así como la contaminación de los productos irrigados (vegetales de consumo humano y pasto).

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A14.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

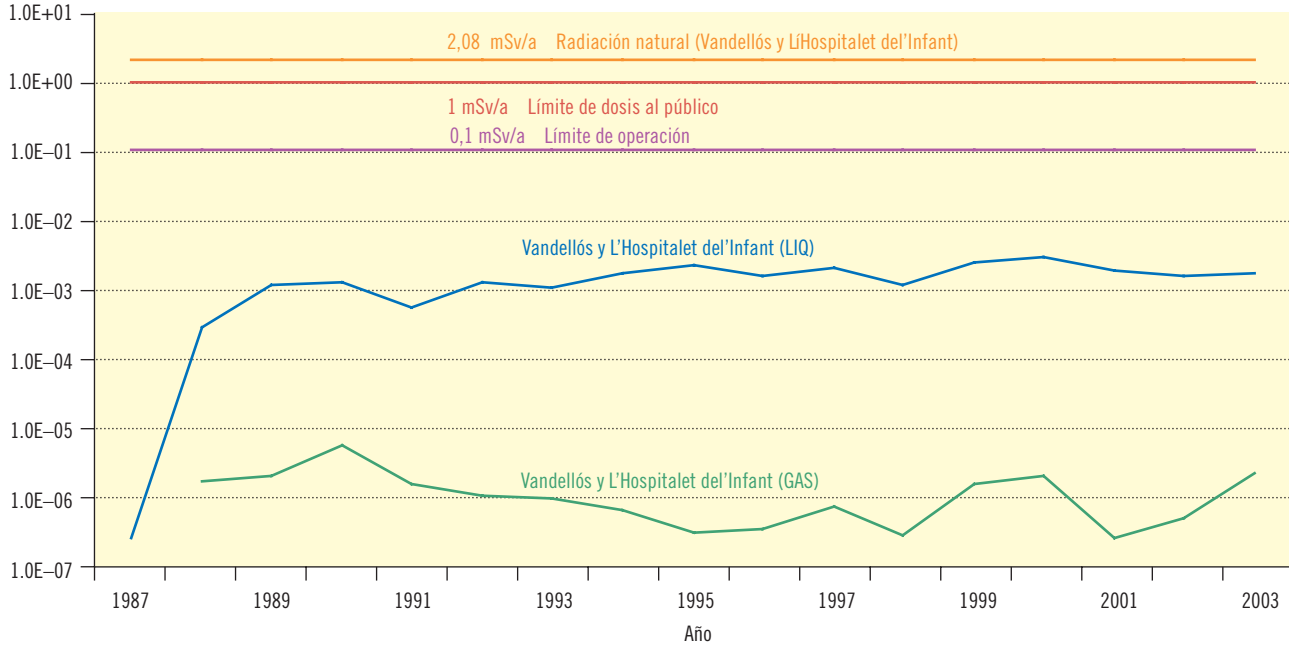
	Vías de exposición			
Municipios	Exposición orillas	Pescado mar	Marisco	Resto de vías
L'Ametlla de Mar, Cambrils, Mont-Roig del Campo, El Perelló, Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant, Deltebre, San Jaime de Enveja, Camarles, Salou, L'Ampolla	✓	✓	✓	—
Resto	—	—	—	—

Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y el volumen de agua de mar correspondiente a una zona de mezcla de 367 m.

Resultados

En la figura A14.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en la población más significativa (Vandellós y L'Hospitalet de l'Infant). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en las poblaciones de Vandellós y L'Hospitalet de l'Infant.

Figura A14.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A14.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear Vandellós II.

En la figura A14.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Vandellós y L'Hospitalet de l'Infant en el último año del periodo de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A14.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A14.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A14.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el municipio de mayor dosis acumulada es L'Ametlla de Mar (2.47E-2 mSv) y el de menor es Torroja del Priorato (1.50E-6 mSv).

Finalmente, la figura A14.5 y la tabla A14.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A14.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Ametlla de Mar (L')	2.55E-07	2.76E-04	1.12E-03	1.22E-03	5.43E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Argentera (L')	0.00E+00	2.53E-07	2.97E-07	7.62E-07	2.08E-07	1.67E-07	1.47E-07	1.05E-07	4.90E-08	5.38E-08
Bellmunt del Priorat	0.00E+00	1.54E-07	1.78E-07	4.53E-07	1.23E-07	1.02E-07	9.00E-08	6.40E-08	3.25E-08	3.27E-08
Benifallet	0.00E+00	1.53E-07	1.85E-07	4.71E-07	1.30E-07	9.13E-08	7.84E-08	5.59E-08	3.11E-08	2.91E-08
Benissanet	0.00E+00	1.58E-07	1.81E-07	4.58E-07	1.25E-07	1.06E-07	9.40E-08	6.68E-08	3.35E-08	3.41E-08
Borges del Camp (Les)	0.00E+00	2.16E-07	2.57E-07	6.55E-07	1.80E-07	1.33E-07	1.15E-07	8.20E-08	4.44E-08	4.25E-08
Botarell	0.00E+00	2.78E-07	3.28E-07	8.41E-07	2.30E-07	1.82E-07	1.60E-07	1.14E-07	5.40E-08	5.85E-08
Cambrils	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.41E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Capçanes	0.00E+00	2.50E-07	2.84E-07	7.26E-07	1.97E-07	1.77E-07	1.59E-07	1.13E-07	4.99E-08	5.73E-08
Colldejou	0.00E+00	3.62E-07	4.19E-07	1.07E-06	2.92E-07	2.44E-07	2.17E-07	1.54E-07	7.24E-08	7.87E-08
Duesaigües	0.00E+00	2.91E-07	3.43E-07	8.79E-07	2.41E-07	1.91E-07	1.68E-07	1.19E-07	5.68E-08	6.14E-08
Falset	0.00E+00	1.90E-07	2.16E-07	5.49E-07	1.49E-07	1.28E-07	1.14E-07	8.13E-08	4.04E-08	4.14E-08
Garcia	0.00E+00	1.71E-07	2.22E-07	5.69E-07	1.60E-07	8.42E-08	6.75E-08	4.84E-08	3.27E-08	2.63E-08
Ginestar	0.00E+00	1.63E-07	1.86E-07	4.73E-07	1.29E-07	1.10E-07	9.81E-08	6.97E-08	3.47E-08	3.55E-08
Gratallops	0.00E+00	1.32E-07	1.55E-07	3.94E-07	1.08E-07	8.43E-08	7.39E-08	5.25E-08	2.75E-08	2.70E-08
Guiamets (Els)	0.00E+00	2.26E-07	2.57E-07	6.59E-07	1.79E-07	1.59E-07	1.43E-07	1.01E-07	4.47E-08	5.15E-08
Lloar (El)	0.00E+00	1.32E-07	1.55E-07	3.94E-07	1.08E-07	8.43E-08	7.39E-08	5.25E-08	2.75E-08	2.70E-08
Marçà	0.00E+00	2.14E-07	2.43E-07	6.16E-07	1.67E-07	1.46E-07	1.31E-07	9.28E-08	4.57E-08	4.72E-08
Maspujols	0.00E+00	1.95E-07	2.33E-07	5.94E-07	1.63E-07	1.19E-07	1.03E-07	7.33E-08	4.00E-08	3.80E-08
Masroig (El)	0.00E+00	1.84E-07	2.10E-07	5.34E-07	1.45E-07	1.24E-07	1.10E-07	7.84E-08	3.91E-08	4.00E-08
Miravet	0.00E+00	1.39E-07	1.60E-07	4.06E-07	1.11E-07	9.22E-08	8.18E-08	5.81E-08	2.94E-08	2.97E-08
Molar (El)	0.00E+00	1.38E-07	1.61E-07	4.09E-07	1.12E-07	8.86E-08	7.79E-08	5.54E-08	2.88E-08	2.85E-08
Montbrió del Camp	0.00E+00	2.97E-07	3.49E-07	8.93E-07	2.44E-07	1.95E-07	1.72E-07	1.22E-07	5.81E-08	6.28E-08
Mont-Roig del Camp	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.41E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Móra d'Ebre	0.00E+00	1.98E-07	2.57E-07	6.57E-07	1.84E-07	9.92E-08	8.00E-08	5.73E-08	3.81E-08	3.10E-08
Móra la Nova	0.00E+00	1.98E-07	2.57E-07	6.57E-07	1.84E-07	9.92E-08	8.00E-08	5.73E-08	3.81E-08	3.10E-08
Perelló (El)	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.42E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Porrera	0.00E+00	1.78E-07	2.14E-07	5.52E-07	1.52E-07	1.13E-07	9.86E-08	7.02E-08	3.30E-08	3.63E-08
Pradell de la Teixeta	0.00E+00	2.28E-07	2.68E-07	6.81E-07	1.86E-07	1.45E-07	1.27E-07	9.05E-08	4.75E-08	4.66E-08
Pratdip	0.00E+00	6.62E-07	7.48E-07	1.90E-06	5.14E-07	4.56E-07	4.08E-07	2.90E-07	1.42E-07	1.47E-07
Rasquera	0.00E+00	1.50E-07	1.71E-07	4.35E-07	1.18E-07	1.01E-07	8.99E-08	6.39E-08	3.19E-08	3.26E-08
Riudecanyes	0.00E+00	3.10E-07	3.64E-07	9.31E-07	2.55E-07	2.05E-07	1.80E-07	1.28E-07	6.09E-08	6.58E-08
Riudecols	0.00E+00	2.40E-07	2.84E-07	7.22E-07	1.98E-07	1.51E-07	1.31E-07	9.36E-08	4.97E-08	4.83E-08
Riudoms	0.00E+00	2.24E-07	2.92E-07	7.48E-07	2.10E-07	1.11E-07	8.86E-08	6.35E-08	4.29E-08	3.45E-08
Tivissa	0.00E+00	3.58E-07	4.55E-07	1.22E-06	3.41E-07	2.10E-07	1.74E-07	1.25E-07	5.29E-08	6.65E-08
Torre de Fontaubella (La)	0.00E+00	2.90E-07	3.39E-07	8.67E-07	2.37E-07	1.94E-07	1.72E-07	1.22E-07	5.71E-08	6.26E-08
Torroja del Priorat	0.00E+00	1.18E-07	1.40E-07	3.62E-07	9.92E-08	7.90E-08	6.95E-08	4.95E-08	2.16E-08	2.54E-08

Tabla A14.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	2.55E-07	2.75E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.43E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Vilanova d'Escornalbou	0.00E+00	3.74E-07	4.35E-07	1.11E-06	3.04E-07	2.50E-07	2.21E-07	1.57E-07	7.46E-08	8.04E-08
Vila-Seca	0.00E+00	1.89E-07	2.49E-07	6.37E-07	1.79E-07	9.08E-08	7.20E-08	5.16E-08	3.59E-08	2.82E-08
Vinyols i els Arcs	0.00E+00	2.60E-07	3.39E-07	8.73E-07	2.45E-07	1.35E-07	1.09E-07	7.82E-08	4.59E-08	4.22E-08
Deltebre	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.42E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Sant Jaume d'Enveja	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.42E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Camarles	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.41E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Salou	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.41E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03
Ampolla (L')	2.55E-07	2.74E-04	1.12E-03	1.21E-03	5.42E-04	1.26E-03	1.09E-03	1.72E-03	2.23E-03	1.52E-03

Tabla A14.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ametlla de Mar (L')	2.05E-03	1.19E-03	2.40E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Argentera (L')	1.08E-07	3.69E-08	2.31E-07	2.93E-07	3.60E-08	7.51E-08	3.55E-07
Bellmunt del Priorat	6.57E-08	2.14E-08	1.40E-07	1.76E-07	2.16E-08	4.51E-08	2.17E-07
Benifallet	5.90E-08	2.34E-08	1.25E-07	1.69E-07	2.23E-08	4.27E-08	1.91E-07
Benissanet	6.82E-08	2.15E-08	1.46E-07	1.81E-07	2.19E-08	4.65E-08	2.26E-07
Borges del Camp (Les)	8.58E-08	3.20E-08	1.82E-07	2.41E-07	3.10E-08	6.11E-08	2.80E-07
Botarell	1.18E-07	4.08E-08	2.50E-07	3.21E-07	3.97E-08	8.20E-08	3.85E-07
Cambrils	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Capçanes	1.14E-07	3.38E-08	2.46E-07	2.96E-07	3.45E-08	7.67E-08	3.79E-07
Colldejou	1.58E-07	5.09E-08	3.37E-07	4.20E-07	5.08E-08	1.08E-07	5.20E-07
Duesaigües	1.24E-07	4.26E-08	2.63E-07	3.36E-07	4.16E-08	8.60E-08	4.05E-07
Falset	8.28E-08	2.56E-08	1.78E-07	2.18E-07	2.62E-08	5.62E-08	2.74E-07
Garcia	5.45E-08	3.02E-08	1.12E-07	1.80E-07	2.66E-08	4.40E-08	1.70E-07
Ginestar	7.11E-08	2.21E-08	1.52E-07	1.87E-07	2.26E-08	4.82E-08	2.35E-07
Gratallops	5.44E-08	1.90E-08	1.16E-07	1.49E-07	1.87E-08	3.80E-08	1.78E-07
Guiamets (Els)	1.03E-07	3.09E-08	2.21E-07	2.67E-07	3.13E-08	6.92E-08	3.41E-07
Lloar (El)	5.44E-08	1.90E-08	1.16E-07	1.49E-07	1.87E-08	3.80E-08	1.78E-07
Marçà	9.43E-08	2.85E-08	2.02E-07	2.47E-07	2.94E-08	6.37E-08	3.13E-07
Maspujols	7.69E-08	2.91E-08	1.63E-07	2.17E-07	2.81E-08	5.50E-08	2.50E-07
Masroig (El)	8.00E-08	2.50E-08	1.71E-07	2.11E-07	2.55E-08	5.44E-08	2.65E-07
Miravet	5.95E-08	1.91E-08	1.27E-07	1.59E-07	1.93E-08	4.08E-08	1.97E-07
Molar (El)	5.72E-08	1.96E-08	1.22E-07	1.56E-07	1.94E-08	3.98E-08	1.88E-07
Montbrió del Camp	1.26E-07	4.32E-08	2.69E-07	3.43E-07	4.23E-08	8.78E-08	4.14E-07
Mont-Roig del Camp	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Móra d'Ebre	6.42E-08	3.47E-08	1.32E-07	2.09E-07	3.07E-08	5.14E-08	2.01E-07
Móra la Nova	6.42E-08	3.47E-08	1.32E-07	2.09E-07	3.07E-08	5.14E-08	2.00E-07
Perelló (El)	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Porrera	7.34E-08	2.75E-08	1.56E-07	2.05E-07	2.59E-08	5.22E-08	2.39E-07
Pradell de la Teixeta	9.38E-08	3.28E-08	2.00E-07	2.57E-07	3.23E-08	6.56E-08	3.07E-07

Tabla A14.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Pratdip	2.94E-07	8.74E-08	6.32E-07	7.65E-07	9.07E-08	1.98E-07	9.77E-07
Rasquera	6.52E-08	2.03E-08	1.40E-07	1.72E-07	2.08E-08	4.43E-08	2.16E-07
Riudecanyes	1.32E-07	4.49E-08	2.82E-07	3.58E-07	4.41E-08	9.17E-08	4.34E-07
Riudecols	9.73E-08	3.50E-08	2.07E-07	2.69E-07	3.42E-08	6.86E-08	3.18E-07
Riudoms	7.16E-08	3.97E-08	1.47E-07	2.36E-07	3.49E-08	5.78E-08	2.23E-07
Tivissa	1.37E-07	6.75E-08	2.84E-07	4.19E-07	5.55E-08	1.05E-07	4.28E-07
Torre de Fontaubella (La)	1.26E-07	4.16E-08	2.68E-07	3.37E-07	4.11E-08	8.65E-08	4.13E-07
Torroja del Priorat	5.12E-08	1.78E-08	1.09E-07	1.39E-07	1.70E-08	3.57E-08	1.67E-07
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	2.05E-03	1.19E-03	2.40E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Vilanova d'Escornalbou	1.61E-07	5.31E-08	3.45E-07	4.33E-07	5.27E-08	1.11E-07	5.31E-07
Vila-Seca	5.88E-08	3.40E-08	1.20E-07	1.98E-07	2.97E-08	4.82E-08	1.82E-07
Vinyols i els Arcs	8.73E-08	4.65E-08	1.80E-07	2.82E-07	4.06E-08	6.94E-08	2.73E-07
Deltebre	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Sant Jaume d'Enveja	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Camarles	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Salou	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03
Ampolla (L')	2.05E-03	1.19E-03	2.39E-03	3.05E-03	1.78E-03	1.46E-03	1.75E-03

Figura A14.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Vandellós y Hospitalet de l'Infant, año 2003 ***(Total: 1.75E-03 mSv)***

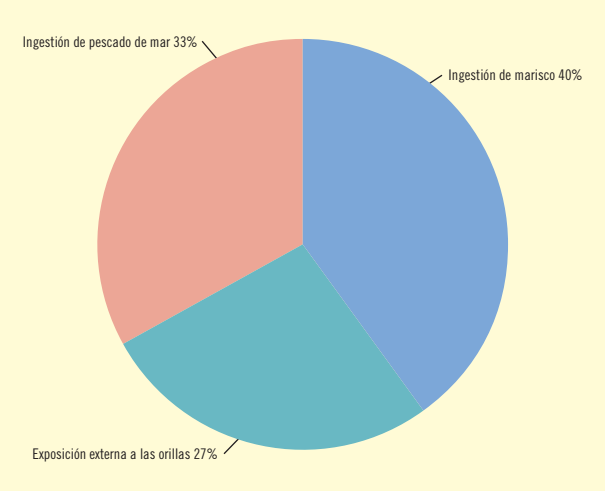


Figura A14.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Vandellós y L'Hospitalet de l'Infant, año 2003 ***(Total: 2.20E-06 mSv)***

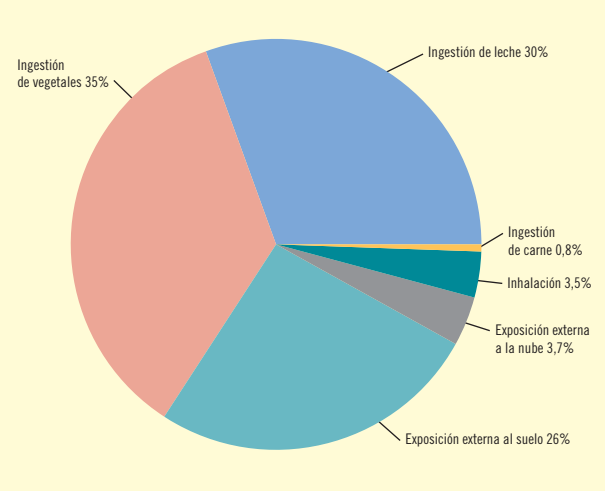


Figura A14.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003

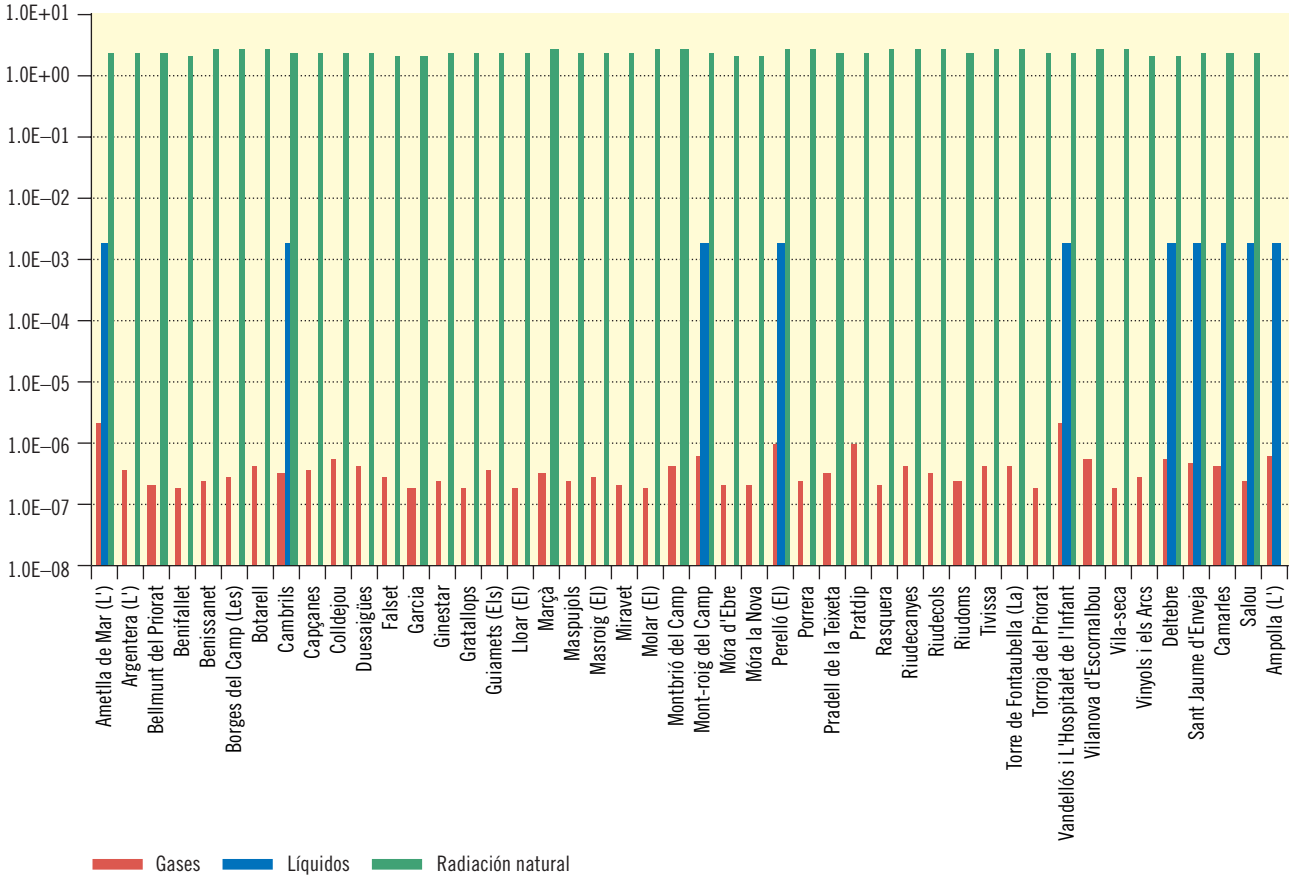


Figura A14.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por la central nuclear Vandellós II en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1987-2003

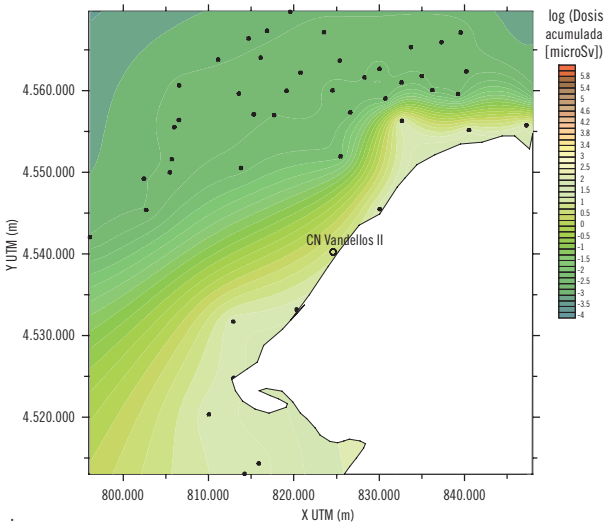


Figura A14.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1987-2003

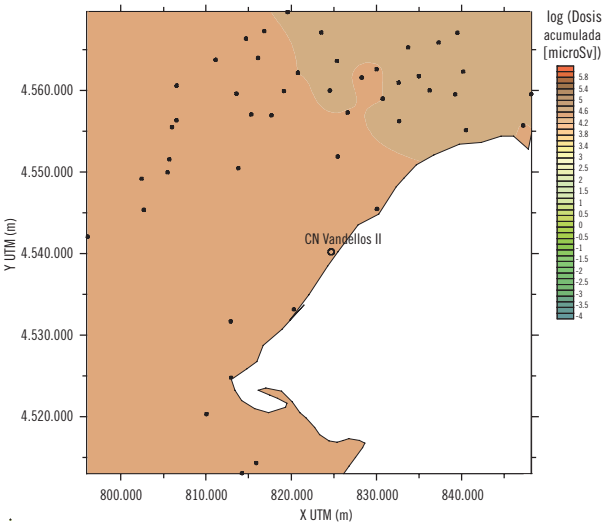


Tabla A14.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Ametlla de Mar (L')	2.47E-02
Argentera (L')	3.18E-06
Bellmunt del Priorat	1.92E-06
Benifallet	1.86E-06
Benissanet	1.97E-06
Borges del Camp (Les)	2.64E-06
Botarell	3.48E-06
Cambrils	2.46E-02
Capçanes	3.19E-06
Colldejou	4.56E-06
Duesaigües	3.65E-06
Falset	2.37E-06
Garcia	2.00E-06
Ginestar	2.04E-06
Gratallops	1.63E-06
Guiamets (Els)	2.88E-06
Lloar (El)	1.63E-06
Marçà	2.68E-06
Maspujols	2.38E-06
Masroig (El)	2.30E-06
Miravet	1.73E-06
Molar (El)	1.70E-06
Montbrió del Camp	3.72E-06

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Mont-Roig del Camp	2.46E-02
Móra d'Ebre	2.32E-06
Móra la Nova	2.32E-06
Perelló (El)	2.47E-02
Porrera	2.23E-06
Pradell de la Teixeta	2.81E-06
Pratdip	8.31E-06
Rasquera	1.87E-06
Riudecanyes	3.89E-06
Riudecols	2.95E-06
Riudoms	2.62E-06
Tivissa	4.49E-06
Torre de Fontaubella (La)	3.65E-06
Torroja del Priorat	1.50E-06
Vandellós i L'Hospitalet de l'Infant	2.47E-02
Vilanova d'Escornalbou	4.69E-06
Vila-Seca	2.20E-06
Vinyols i els Arcs	3.11E-06
Deltebre	2.47E-02
Sant Jaume d'Enveja	2.47E-02
Camarles	2.46E-02
Salou	2.46E-02
Ampolla (L')	2.47E-02

Tabla A14.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1987-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Ametlla de Mar (L')	0,50	0,03	0,11	0,03	0,60	0,29	0,36	1,93	32,77
Argentera (L')	0,59	0,03	0,11	0,07	0,80	0,32	0,36	2,29	38,89
Bellmunt del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	37,48
Benifallet	0,59	0,03	0,11	0,06	0,73	0,29	0,36	2,17	36,83
Benissanet	0,59	0,03	0,11	0,03	0,60	0,30	0,36	2,02	34,27
Borges del Camp (Les)	0,59	0,03	0,11	0,13	1,07	0,32	0,36	2,61	44,42
Botarell	0,59	0,03	0,11	0,10	0,91	0,31	0,36	2,41	40,94
Cambrils	0,59	0,03	0,11	0,12	1,01	0,29	0,36	2,51	42,74
Capçanes	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	37,46
Colldejou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,83	0,33	0,36	2,33	39,66
Duesaigües	0,59	0,03	0,11	0,08	0,83	0,32	0,36	2,31	39,32
Falset	0,59	0,03	0,11	0,08	0,85	0,33	0,36	2,35	39,88
Garcia	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,30	0,36	2,06	35,03
Ginestar	0,59	0,03	0,11	0,02	0,57	0,29	0,36	1,98	33,60
Gratallops	0,59	0,03	0,11	0,06	0,76	0,32	0,36	2,23	37,98
Guiamets (Els)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	37,46
Lloar (El)	0,59	0,03	0,11	0,05	0,72	0,31	0,36	2,17	36,97
Marçà	0,45	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,07	35,16
Maspujols	0,59	0,03	0,11	0,13	1,09	0,31	0,36	2,63	44,66
Masroig (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	37,44
Miravet	0,59	0,03	0,11	0,04	0,66	0,30	0,36	2,09	35,60
Molar (El)	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,31	0,36	2,20	37,40
Montbrió del Camp	0,59	0,03	0,11	0,09	0,89	0,30	0,36	2,37	40,37
Mont-Roig del Camp	0,64	0,03	0,11	0,10	0,93	0,30	0,36	2,47	41,93
Móra d'Ebre	0,59	0,03	0,11	0,06	0,74	0,30	0,36	2,18	37,07
Móra la Nova	0,59	0,03	0,11	0,03	0,59	0,30	0,36	2,00	34,03
Perelló (El)	0,59	0,03	0,11	0,04	0,62	0,30	0,36	2,05	34,89
Porrera	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	41,34
Pradell de la Teixeta	0,59	0,03	0,11	0,09	0,90	0,33	0,36	2,41	40,98
Pratdip	0,59	0,03	0,11	0,07	0,77	0,31	0,36	2,24	38,09
Rasquera	0,59	0,03	0,11	0,05	0,70	0,31	0,36	2,15	36,52
Riudecanyes	0,59	0,03	0,11	0,10	0,93	0,31	0,36	2,42	41,17
Riudecols	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,32	0,36	2,56	43,48
Riudoms	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,30	0,36	2,54	43,18
Tibias	0,55	0,03	0,11	0,06	0,74	0,32	0,36	2,17	36,85
Torre de Fontaubella (La)	0,59	0,03	0,11	0,10	0,95	0,33	0,36	2,47	42,00
Torroja del Priorat	0,59	0,03	0,11	0,10	0,92	0,32	0,36	2,43	41,34
Vandellòs i L'Hospitalet de l'Infant	0,38	0,03	0,11	0,07	0,81	0,32	0,36	2,08	35,39
Vilanova d'Escornalbou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,31	0,36	2,34	39,78
Vila-Seca de Solcina	0,59	0,03	0,11	0,12	1,04	0,30	0,36	2,55	43,34
Vinyols i els Arcs	0,59	0,03	0,11	0,12	1,03	0,30	0,36	2,53	43,09
Deltebre	0,59	0,03	0,11	0,04	0,63	0,29	0,36	2,05	34,92
Sant Jaume d'Enveja	0,59	0,03	0,11	0,04	0,63	0,29	0,36	2,05	34,91
Camarles	0,59	0,03	0,11	0,04	0,64	0,29	0,36	2,07	35,11
Salou	0,59	0,03	0,11	0,08	0,86	0,29	0,36	2,33	39,57
Ampolla (L')	0,59	0,03	0,11	0,04	0,66	0,29	0,36	2,08	35,41

Tabla AI.1. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
43	Tarragona	13	Ametlla de Mar (L')	9.132	SW
		17	Argentera (L')	21.089	N
		23	Bellmunt del Priorat	25.114	NNW
		25	Benifallet	29.384	W
		26	Benissanet	22.561	WNW
		31	Borges del Camp (Les)	27.858	NNE
		33	Botarell	23.134	NNE
		38	Cambrils	20.874	NE
		40	Capçanes	18.040	NNW
		45	Colldejou	16.640	N
		53	Duesaigües	22.389	NNE
		55	Falset	21.980	NNW
		65	Garcia	27.462	NW
		67	Ginestar	22.044	WNW
		69	Gratallops	27.951	NNW
		70	Guiamets (Els)	19.267	NNW
		72	Lloar (El)	27.839	NNW
		76	Marçà	20.273	NNW
		81	Maspujols	29.917	NNE
		82	Masroig (El)	22.352	NNW
		84	Miravet	24.542	WNW
		85	Molar (El)	27.169	NNW
		88	Montbrió del Camp	22.133	NNE
		92	Mont-Roig del Camp	17.159	NNE
		93	Móra d'Ebre	24.460	NW
		94	Móra la Nova	24.583	NW
		104	Perelló (El)	15.463	SW
		114	Porrera	26.497	N
		115	Pradell de la Teixeta	22.946	N
		118	Pratdip	11.217	N
		121	Rasquera	23.242	WNW
		127	Riudecanyes	21.490	NNE
		128	Riudecols	25.960	NNE
		129	Riudoms	26.177	NE
		150	Tivissa	15.229	NW
		151	Torre de Fontaubella (La)	19.335	N
		154	Torroja del Priorat	29.535	NNW
		162	Vandellós I L'Hospitalet de L'Infant	6.626	NE
		167	Vilanova d'Escornalbou	19.046	NNE
		171	Vila-Seca	29.534	NE
		178	Vinyols i els Arcs	23.347	NE
		901	Deltebre	28.068	SSW
		902	Sant Jaume d'Enveja	29.851	SSW
		903	Camarles	25.561	SW
		905	Salou	26.471	NE
		906	Ampolla (L')	20.256	SW

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A14.6 y A14.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A14.6 y A14.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA).

Figura A14.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

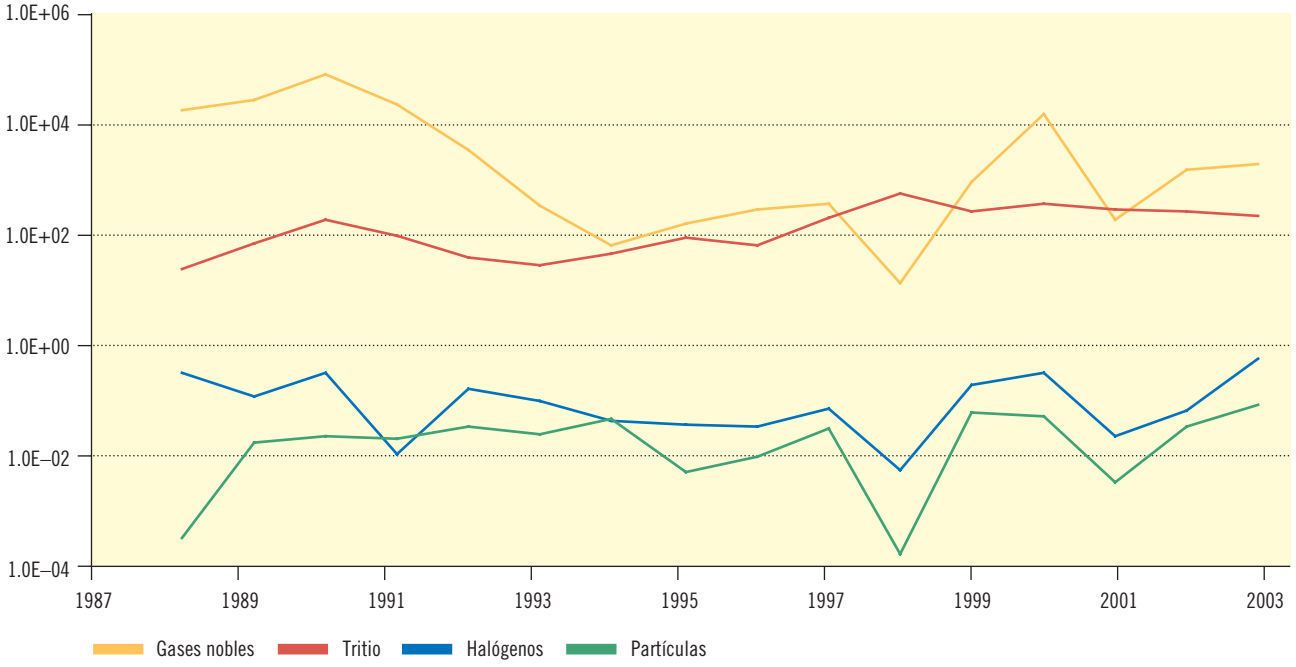


Figura A14.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

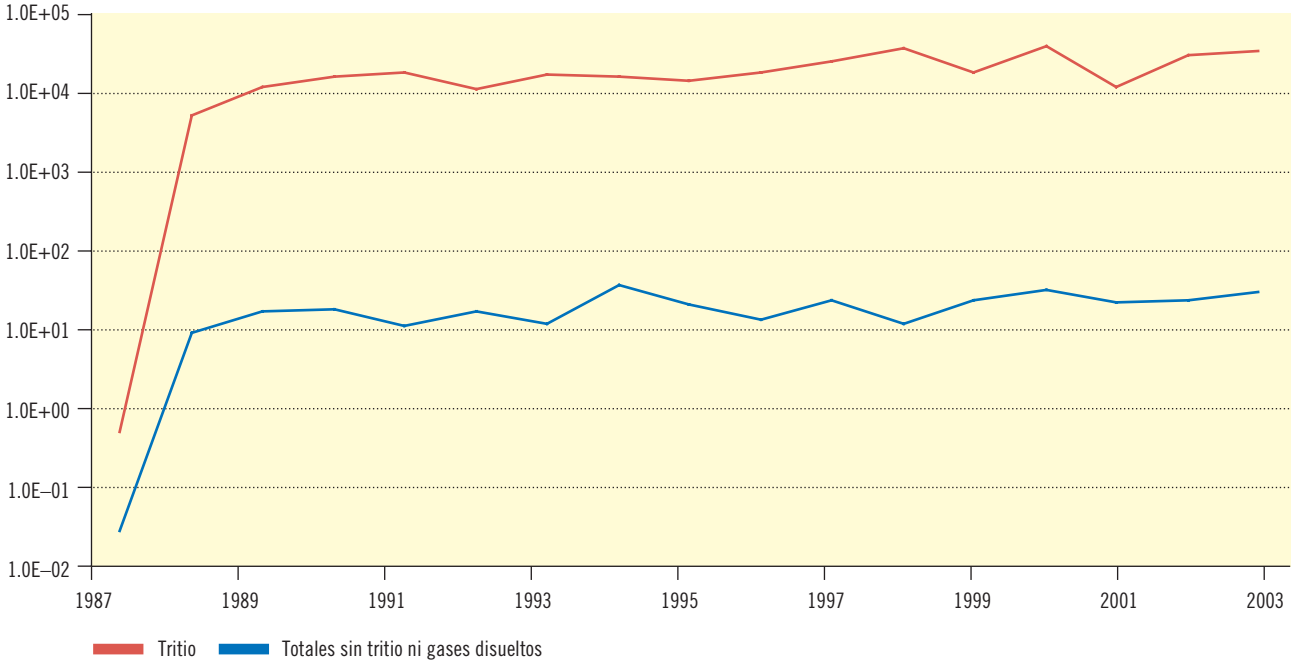


Tabla A14.6 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ar-41	4.47E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.28E+10	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	1.42E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.74E+04	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	2.44E+05	7.92E+06	8.91E+06	5.99E+06	1.60E+07	5.59E+06	2.76E+07	1.63E+06	2.63E+06	1.38E+07
Co-60	0.00E+00	2.16E+06	3.84E+06	3.06E+06	5.13E+06	7.13E+06	5.68E+06	1.23E+06	2.57E+06	4.65E+06
Cr-51	0.00E+00	2.08E+06	3.73E+06	5.05E+06	2.75E+06	4.96E+06	2.16E+06	6.09E+05	1.21E+06	4.94E+06
Cs-134	0.00E+00	2.19E+05	0.00E+00	3.48E+04	6.33E+05	2.68E+05	6.96E+05	0.00E+00	1.34E+04	1.14E+04
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	9.63E+05	0.00E+00	3.77E+05	7.74E+05	2.77E+06	1.24E+06	1.02E+05	1.27E+05	3.64E+04
Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.31E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.05E+04
H-3	2.13E+10	6.52E+10	1.70E+11	8.58E+10	3.47E+10	2.53E+10	4.26E+10	8.42E+10	5.67E+10	1.97E+11
I-131	1.98E+08	8.83E+07	2.55E+08	8.93E+06	1.20E+08	8.31E+07	3.36E+07	2.88E+07	2.61E+07	5.29E+07
I-132	0.00E+00	1.45E+06	1.18E+07	0.00E+00	0.00E+00	2.13E+05	2.80E+05	9.13E+04	0.00E+00	0.00E+00
I-133	6.15E+07	2.39E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+07	2.07E+06	1.52E+06	3.99E+05	1.37E+06	4.26E+06
I-135	0.00E+00	6.57E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	4.16E+05	5.17E+05	2.74E+05	1.27E+05	0.00E+00	1.44E+05	1.21E+05	7.20E+04	2.03E+05
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	6.58E+05	1.12E+06	1.49E+06	9.56E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+05	6.91E+05	8.37E+05
Xe-133	1.73E+13	2.52E+13	7.83E+13	2.30E+13	3.29E+12	3.06E+11	4.70E+10	8.52E+10	2.64E+11	3.37E+11
Xe-133 m	0.00E+00	1.34E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	3.07E+11	1.14E+12	1.31E+12	3.30E+11	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+10	5.81E+09	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	5.26E+05	9.14E+05	3.72E+05	0.00E+00	0.00E+00	6.95E+04	4.49E+05	2.24E+05

Tabla A14.6 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.97E+05	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	2.19E+04	3.18E+07	2.99E+07	1.34E+06	2.10E+07	4.75E+07
Co-60	8.89E+04	1.02E+07	1.22E+06	2.45E+05	1.32E+06	6.03E+06
Cr-51	0.00E+00	6.78E+06	8.64E+06	0.00E+00	3.07E+06	7.40E+06
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	3.49E+04	0.00E+00	5.80E+04	2.21E+06
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.96E+05
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+05	0.00E+00	9.98E+04	1.47E+06
Fe-59	0.00E+00	2.03E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.30E+05
H-3	5.16E+11	2.49E+11	3.54E+11	2.73E+11	2.54E+11	1.98E+11
I-131	1.99E+06	1.22E+08	2.44E+08	1.23E+07	4.42E+07	3.74E+08
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	2.48E+06	4.09E+07	3.53E+07	5.46E+06	9.37E+06	1.08E+08
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	9.45E+05	3.76E+05	0.00E+00	4.20E+05	2.32E+06
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.29E+05
Nb-95	1.62E+04	1.23E+06	1.27E+06	4.92E+05	9.09E+05	3.51E+05
Xe-133	1.15E+10	8.67E+11	1.54E+13	2.62E+10	1.44E+12	1.78E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+11	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	6.32E+05	8.55E+05	0.00E+00	3.37E+05	0.00E+00

Tabla A14.7 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	7.20E+07	2.48E+07	1.45E+07	0.00E+00	0.00E+00	7.65E+06	2.51E+05	3.19E+05	5.18E+06	7.85E+05
Ce-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	0.00E+00	2.22E+07	5.03E+07	8.74E+06	1.55E+07	3.37E+07	6.67E+07	4.52E+06	8.75E+06	5.87E+06
Ce-143	0.00E+00	6.15E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	3.18E+07	1.88E+08	6.94E+08	4.37E+08	5.20E+08	5.45E+08	8.43E+08	2.99E+08	2.04E+08	0.00E+00
Co-58	1.79E+09	5.92E+09	6.87E+09	1.99E+09	3.29E+09	2.14E+09	7.63E+09	3.78E+09	2.57E+09	7.91E+09
Co-60	1.18E+08	2.29E+09	3.17E+09	2.11E+09	2.80E+09	3.57E+09	4.55E+09	7.21E+09	4.81E+09	5.64E+09
Cr-51	1.79E+08	1.77E+09	8.66E+08	1.23E+09	1.04E+09	8.30E+08	4.35E+08	7.44E+08	2.61E+08	1.39E+09
Cs-134	3.36E+08	4.84E+08	4.11E+08	1.93E+08	7.04E+08	5.56E+08	7.15E+09	8.70E+08	2.82E+08	3.52E+08
Cs-136	2.74E+07	4.82E+06	1.56E+06	3.78E+05	4.51E+06	2.00E+06	5.75E+05	3.60E+05	1.85E+05	5.59E+05
Cs-137	1.64E+09	1.28E+09	8.33E+08	4.52E+08	8.72E+08	7.97E+08	8.27E+09	1.34E+09	5.18E+08	5.81E+08
Cu-64	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.51E+05	0.00E+00	0.00E+00	9.30E+06	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	2.33E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.63E+05	9.48E+06	2.70E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	4.42E+07	3.24E+08	3.04E+08	3.87E+07	5.78E+07	1.73E+08	1.51E+08	9.97E+07	1.93E+08	1.73E+08
H-3	4.68E+12	1.06E+13	1.46E+13	1.72E+13	1.04E+13	1.57E+13	1.47E+13	1.34E+13	1.66E+13	2.24E+13
I-131	2.25E+09	4.83E+08	3.56E+08	1.43E+08	5.65E+08	1.01E+08	4.28E+07	2.48E+07	4.12E+07	4.50E+07
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.43E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.18E+08	1.29E+07	3.93E+06	6.28E+06	1.75E+08	3.64E+06	1.02E+07	3.06E+06	2.49E+06	5.32E+06
I-134	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+06	4.08E+05	9.52E+04	2.51E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	6.31E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	7.20E+07	2.48E+07	1.45E+07	0.00E+00	0.00E+00	7.65E+06	2.51E+05	3.19E+05	5.18E+06	0.00E+00
Mn-54	1.64E+08	5.43E+08	6.48E+08	2.25E+08	2.24E+08	2.01E+08	2.01E+08	5.16E+08	2.53E+08	2.57E+08
Mo-99	3.89E+07	2.06E+08	6.83E+08	4.95E+08	5.94E+08	5.88E+08	8.68E+08	5.12E+08	4.02E+08	5.52E+08
Na-24	1.82E+08	3.88E+06	4.23E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.97E+04	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	6.21E+07	3.04E+08	2.52E+08	0.00E+00	5.62E+08	8.51E+07	4.47E+07	4.66E+08	3.34E+08	8.17E+08
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pr-143	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.43E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	1.53E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.25E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.19E+07	1.66E+07	1.54E+07	5.78E+08	1.86E+09	6.25E+07	1.92E+08	3.45E+08	3.95E+08	5.57E+08
Sr-90	4.30E+07	1.89E+07	3.10E+07	3.74E+08	6.67E+08	1.30E+08	3.21E+08	4.29E+08	4.80E+08	7.64E+08
Tc-99 m	6.52E+07	5.77E+06	2.13E+07	5.69E+05	9.18E+05	4.49E+05	3.68E+05	4.53E+05	2.39E+05	1.18E+05
W-187	4.22E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	2.93E+08	4.25E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	2.46E+08	9.93E+09	2.64E+09	1.18E+09	3.38E+08	1.27E+09	6.18E+07	2.01E+07	5.00E+09	1.28E+09
Xe-133 m	0.00E+00	1.61E+08	0.00E+00	6.87E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	4.35E+06	1.52E+07	2.12E+06	1.53E+07	0.00E+00	1.04E+07	7.99E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+07
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+08
Y-91 m	2.24E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.00E+00	3.64E+07	7.84E+07	3.29E+07	5.06E+07	6.86E+07	1.17E+08	9.08E+07	5.28E+07	8.00E+07
Zr-95	6.24E+07	3.03E+08	2.51E+08	6.39E+08	5.86E+08	8.51E+07	4.47E+07	4.66E+08	3.34E+08	5.02E+08
Zr-97	2.77E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A14.7 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Alfa	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.41E+05	6.51E+06	0.00E+00
Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+06	0.00E+00	0.00E+00	7.84E+06
Ce-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-141	4.14E+06	6.64E+06	4.44E+07	5.85E+07	7.98E+06	1.35E+07
Ce-143	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ce-144	0.00E+00	1.36E+06	7.74E+07	1.46E+09	4.97E+08	3.85E+08
Co-58	2.18E+09	1.04E+10	1.12E+10	1.00E+10	1.12E+10	7.22E+09
Co-60	3.92E+09	3.87E+09	6.77E+09	2.64E+09	3.13E+09	6.46E+09
Cr-51	9.71E+06	4.88E+08	2.59E+09	1.37E+08	8.93E+08	3.26E+08
Cs-134	8.21E+08	1.18E+09	8.37E+08	9.57E+08	1.02E+09	3.09E+09
Cs-136	2.45E+06	0.00E+00	1.52E+06	2.31E+06	7.68E+05	1.00E+07
Cs-137	1.16E+09	1.65E+09	1.78E+09	1.73E+09	1.37E+09	4.93E+09
Cu-64	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	3.54E+07	5.69E+08	1.31E+08	2.47E+06	1.09E+08	3.41E+07
H-3	3.35E+13	1.64E+13	3.57E+13	1.08E+13	2.87E+13	3.23E+13
I-131	1.62E+07	1.71E+08	4.93E+08	1.01E+07	4.05E+07	1.46E+09
I-132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	7.06E+06	8.89E+06	1.55E+08	1.94E+06	1.75E+06	2.73E+08
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-140	4.07E+05	5.38E+06	3.20E+07	0.00E+00	4.48E+06	3.45E+07
Mn-54	1.30E+08	2.71E+08	6.04E+08	2.40E+08	5.78E+08	6.33E+08
Mo-99	3.12E+08	1.81E+07	2.21E+07	0.00E+00	6.08E+06	1.55E+07
Na-24	0.00E+00	1.58E+06	1.18E+06	2.10E+04	3.19E+05	2.40E+05
Nb-95	1.37E+08	3.36E+08	7.04E+08	5.19E+08	5.30E+08	1.59E+08
Np-239	0.00E+00	0.00E+00	2.58E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pr-143	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+08	1.51E+08	3.41E+08
Sr-89	2.94E+08	3.97E+08	2.34E+08	2.09E+07	3.09E+07	0.00E+00
Sr-90	3.70E+08	4.89E+08	3.87E+08	3.64E+07	3.71E+07	3.25E+07
Tc-99 m	0.00E+00	2.68E+06	1.52E+07	0.00E+00	5.98E+05	1.19E+07
W-187	2.10E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.25E+08	0.00E+00
Xe-133	2.47E+08	3.73E+08	1.76E+09	2.78E+08	3.72E+09	1.51E+08
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.26E+08	4.87E+06	2.22E+07	3.30E+07	0.00E+00	1.46E+07
Xe-138	0.00E+00	2.27E+09	2.46E+08	1.65E+08	8.53E+07	3.65E+08
Y-91 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	4.27E+07	3.36E+07	7.58E+07	1.06E+07	1.76E+07	4.71E+07
Zr-95	5.25E+07	1.95E+08	5.13E+08	2.28E+08	2.93E+08	6.28E+07
Zr-97	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A14.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Ametlla de Mar (L')	6.400E-08	6.300E-08	4.600E-08	2.100E-10
Argentera (L')	6.400E-09	6.300E-09	4.100E-09	3.600E-11
Bellmunt del Priorat	3.700E-09	3.700E-09	2.300E-09	2.200E-11
Benifallet	4.100E-09	4.100E-09	2.500E-09	1.900E-11
Benissanet	3.700E-09	3.700E-09	2.300E-09	2.300E-11
Borges del Camp (Les)	5.600E-09	5.600E-09	3.400E-09	2.800E-11
Botarell	7.100E-09	7.000E-09	4.400E-09	3.900E-11
Cambrils	9.600E-09	9.500E-09	6.100E-09	3.100E-11
Capçanes	5.800E-09	5.700E-09	3.800E-09	3.900E-11
Colldejou	8.800E-09	8.700E-09	5.900E-09	5.300E-11
Duesaigües	7.400E-09	7.300E-09	4.700E-09	4.100E-11
Falset	4.400E-09	4.400E-09	2.800E-09	2.800E-11
Garcia	5.400E-09	5.400E-09	3.300E-09	1.600E-11
Ginestar	3.800E-09	3.800E-09	2.400E-09	2.400E-11
Gratallops	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	1.800E-11
Guiamets (Els)	5.300E-09	5.200E-09	3.400E-09	3.500E-11
Lloar (El)	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	1.800E-11
Marçà	4.900E-09	4.900E-09	3.200E-09	3.200E-11
Maspujols	5.100E-09	5.100E-09	3.000E-09	2.500E-11
Masroig (El)	4.300E-09	4.300E-09	2.700E-09	2.700E-11
Miravet	3.300E-09	3.300E-09	2.000E-09	2.000E-11
Molar (El)	3.400E-09	3.400E-09	2.100E-09	1.900E-11
Montbrió del Camp	7.500E-09	7.400E-09	4.700E-09	4.200E-11
Mont-Roig del Camp	1.100E-08	1.100E-08	7.000E-09	6.400E-11
Móra d'Ebre	6.200E-09	6.200E-09	3.900E-09	1.900E-11
Móra la Nova	6.200E-09	6.200E-09	3.800E-09	1.900E-11
Perelló (El)	3.100E-08	3.000E-08	2.100E-08	8.600E-11
Porrera	4.800E-09	4.700E-09	2.900E-09	2.400E-11
Pradell de la Teixeta	5.700E-09	5.700E-09	3.600E-09	3.100E-11
Pratdip	1.500E-08	1.500E-08	1.100E-08	1.000E-10
Rasquera	3.500E-09	3.500E-09	2.200E-09	2.200E-11
Riudecanyes	7.800E-09	7.700E-09	5.000E-09	4.400E-11
Riudecols	6.100E-09	6.100E-09	3.700E-09	3.200E-11
Riudoms	7.10E-09	7.10E-09	4.40E-09	2.1E-11
Tivissa	1.20E-08	1.10E-08	7.80E-09	4.2E-11
Torre de Fontaubella (La)	7.20E-09	7.10E-09	4.70E-09	4.2E-11
Torroja del Priorat	3.10E-09	3.00E-09	1.80E-09	1.7E-11
Vandellós I L'Hospitalet de L'Infant	4.70E-08	4.60E-08	3.60E-08	2.2E-10
Vilanova d'Escornalbou	9.20E-09	9.10E-09	6.00E-09	5.4E-11
Vila-Seca	6.10E-09	6.10E-09	3.60E-09	1.7E-11
Vinyols i els Arcs	8.30E-09	8.20E-09	5.20E-09	2.6E-11
Deltebre	3.10E-08	3.00E-08	1.80E-08	4.1E-11
Sant Jaume d'Enveja	2.80E-08	2.80E-08	1.70E-08	3.7E-11
Camarles	1.60E-08	1.50E-08	9.60E-09	3.7E-11
Salou	7.00E-09	7.00E-09	4.30E-09	2.1E-11
Ampolla (L')	2.10E-08	2.10E-08	1.40E-08	5.5E-11

Tabla A14.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m²mes	0	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m²mes	0	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m³	1.00E-2	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.5	R.G.1.109	Mar

Referencias

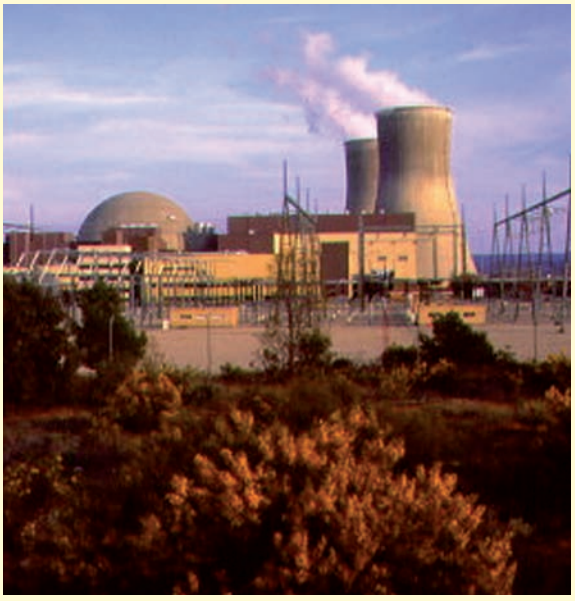
CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XV: Central nuclear de Trillo



Provincia:	Guadalajara
Tecnología:	PWR Siemens
Potencia:	1.055 MWe (3.010 MWt)
Comienzo de la operación:	Mayo de 1988
Energía producida hasta el 31 de diciembre de 2003:	120 TWh (13,7 GW x año)

La central nuclear de Trillo consta de un solo reactor (Trillo I) de agua a presión (PWR) de diseño Siemens-KWU, con 3.010 MW de potencia térmica, cuya operación comenzó en mayo de 1988 y continúa actualmente.

En este anexo se presentan los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la central nuclear de Trillo desde su entrada en funcionamiento (1988) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A15.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A15.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la central nuclear Trillo se han considerado las actividades vertidas por sus efluentes líquidos y gaseosos (tablas A15.6 y A15.7), los hábitos alimenticios de la provincia de Guadalajara (CSN, 2002), los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A15.8) y las particularidades de la zona referentes al consumo de agua del río Tajo aguas abajo de la central en el entorno de los 30 km de radio.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma Gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el río de los radionucleidos descargados por la instalación y su eliminación por decaimiento radiactivo.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en el anexo IV.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se produce en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y tienen captaciones de agua del río Tajo o del embalse de Entrepeñas. Se consideran las siguientes características:

- Se han considerado los municipios con captación da agua de acuerdo con los datos del censo de uso del agua de la Confederación Hidrográfica del Tajo.
- En estos municipios la vía de exposición a orillas está presente en los municipios en los que el río o embalse es fronterizo o atraviesa el término municipal.
- Se considera como vía de ingestión el agua bebida por animales y los pastos regados. Además, los vegetales de consumo humano también son regados.
- Los municipios de Alocén y Durón se abastecen de manantiales salvo en verano, estación en la que debido al aumento de la demanda, el suministro se completa con consumo de agua del pantano.
- Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A15.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

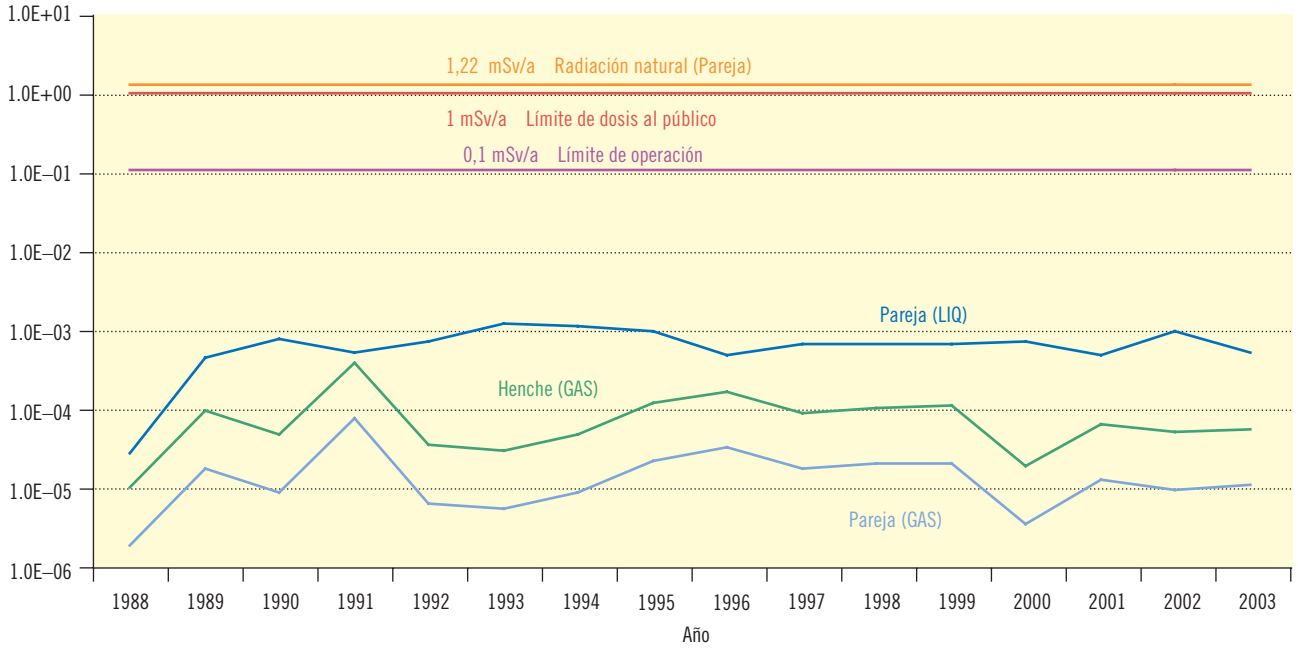
	Vías de exposición							
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río	Vegetales	Leche vaca	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Alocén	✓	✓	✓	✓	—	—	—	—
Chillarón del Rey	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Durón	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
Pareja	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	✓
Resto	—	—	—	—	—	—	—	—

Los factores de dilución utilizados se han calculado a partir de los caudales medios de descarga de efluentes líquidos de la instalación y caudales medios del río Tajo correspondientes a cada año del periodo del estudio.

Resultados

En la figura A15.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Henche y Pareja). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Pareja.

Figura A15.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A15.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la central nuclear de Trillo.

En la figura A15.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Pareja en el último año del período de estudio (año 2003), desglosada por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A15.3 se muestra la comparativa de dosis artificial por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para dicho año.

En la figura A15.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A15.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el

municipio de mayor dosis acumulada es Pareja (1.06E-2 mSv) y el de menor es Alcantud (4.58E-5 mSv).

Finalmente, la figura A15.5 y la tabla A15.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A15.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Cuenca								
Albendea	3.17E-07	3.09E-06	1.45E-06	1.27E-05	1.09E-06	9.68E-07	1.48E-06	3.78E-06
Alcantud	3.11E-07	3.04E-06	1.42E-06	1.25E-05	1.07E-06	9.52E-07	1.46E-06	3.72E-06
Arandilla del Arroyo	3.21E-07	3.14E-06	1.47E-06	1.29E-05	1.11E-06	9.83E-07	1.51E-06	3.84E-06
Salmeroncillos	6.37E-07	6.21E-06	2.92E-06	2.55E-05	2.18E-06	1.94E-06	2.98E-06	7.61E-06
Valdeolivas	3.66E-07	3.57E-06	1.68E-06	1.47E-05	1.26E-06	1.12E-06	1.71E-06	4.37E-06
Villar del Infantado	4.40E-07	4.29E-06	2.02E-06	1.76E-05	1.51E-06	1.34E-06	2.06E-06	5.26E-06
Vindel	4.83E-07	4.72E-06	2.21E-06	1.94E-05	1.66E-06	1.48E-06	2.26E-06	5.78E-06
Guadalajara								
Abánades	1.66E-06	1.62E-05	7.61E-06	6.67E-05	5.70E-06	5.08E-06	7.79E-06	1.99E-05
Alaminos	1.07E-06	1.05E-05	4.93E-06	4.31E-05	3.68E-06	3.28E-06	5.02E-06	1.28E-05
Alcocer	8.80E-07	8.58E-06	4.04E-06	3.53E-05	3.02E-06	2.69E-06	4.12E-06	1.05E-05
Algora	8.25E-07	8.07E-06	3.76E-06	3.33E-05	2.84E-06	2.53E-06	3.87E-06	9.87E-06
Alhóndiga	1.80E-06	1.76E-05	8.21E-06	7.25E-05	6.19E-06	5.50E-06	8.43E-06	2.15E-05
Alique	2.37E-06	2.30E-05	1.09E-05	9.42E-05	8.05E-06	7.21E-06	1.10E-05	2.83E-05
Almadrones	7.77E-07	7.60E-06	3.56E-06	3.13E-05	2.68E-06	2.38E-06	3.65E-06	9.30E-06
Alocén	1.64E-05	2.33E-04	3.52E-04	3.45E-04	3.28E-04	5.63E-04	5.33E-04	4.93E-04
Arbeteta	9.35E-07	9.10E-06	4.30E-06	3.73E-05	3.19E-06	2.85E-06	4.37E-06	1.12E-05
Argecilla	6.30E-07	6.17E-06	2.89E-06	2.55E-05	2.17E-06	1.93E-06	2.96E-06	7.54E-06
Armallones	5.86E-07	5.72E-06	2.68E-06	2.35E-05	2.01E-06	1.79E-06	2.75E-06	7.01E-06
Auñón	1.85E-06	1.81E-05	8.45E-06	7.44E-05	6.36E-06	5.65E-06	8.67E-06	2.21E-05
Barriopedro	1.37E-06	1.34E-05	6.33E-06	5.49E-05	4.68E-06	4.18E-06	6.40E-06	1.64E-05
Berninches	2.39E-06	2.33E-05	1.09E-05	9.60E-05	8.20E-06	7.30E-06	1.12E-05	2.86E-05
Brihuega	9.72E-07	9.51E-06	4.50E-06	3.92E-05	3.34E-06	2.98E-06	4.56E-06	1.16E-05
Budia	4.16E-06	4.06E-05	1.91E-05	1.67E-04	1.42E-05	1.27E-05	1.95E-05	4.98E-05
Canredondo	2.71E-06	2.64E-05	1.25E-05	1.08E-04	9.23E-06	8.26E-06	1.27E-05	3.24E-05
Castejón de Henares	6.30E-07	6.17E-06	2.88E-06	2.55E-05	2.17E-06	1.93E-06	2.96E-06	7.54E-06
Castilforte	4.54E-07	4.43E-06	2.09E-06	1.82E-05	1.56E-06	1.39E-06	2.13E-06	5.43E-06
Cifuentes	4.08E-06	3.97E-05	1.88E-05	1.63E-04	1.39E-05	1.25E-05	1.91E-05	4.89E-05
Cogollor	1.17E-06	1.14E-05	5.37E-06	4.70E-05	4.02E-06	3.58E-06	5.48E-06	1.40E-05
Chillarón del Rey	1.65E-05	2.49E-04	3.75E-04	3.79E-04	3.47E-04	5.96E-04	5.63E-04	5.25E-04
Durón	1.91E-05	2.69E-04	3.90E-04	4.42E-04	3.62E-04	6.17E-04	5.85E-04	5.54E-04
Escamilla	9.35E-07	9.10E-06	4.30E-06	3.73E-05	3.19E-06	2.85E-06	4.37E-06	1.12E-05
Esplegares	1.32E-06	1.29E-05	6.05E-06	5.30E-05	4.53E-06	4.03E-06	6.19E-06	1.58E-05
Fuentelencina	1.46E-06	1.42E-05	6.64E-06	5.88E-05	5.02E-06	4.46E-06	6.83E-06	1.74E-05
Gajanejos	5.81E-07	5.69E-06	2.67E-06	2.35E-05	2.01E-06	1.78E-06	2.73E-06	6.96E-06

Tabla A15.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Henche	9.30E-06	9.08E-05	4.29E-05	3.72E-04	3.18E-05	2.85E-05	4.35E-05	1.12E-04
Inviernas (Las)	1.12E-06	1.10E-05	5.16E-06	4.51E-05	3.85E-06	3.43E-06	5.25E-06	1.34E-05
Irueste	3.15E-06	3.08E-05	1.43E-05	1.27E-04	1.09E-05	9.65E-06	1.48E-05	3.77E-05
Ledanca	6.30E-07	6.17E-06	2.89E-06	2.55E-05	2.17E-06	1.93E-06	2.96E-06	7.54E-06
Mantiel	5.42E-06	5.27E-05	2.49E-05	2.16E-04	1.84E-05	1.65E-05	2.53E-05	6.48E-05
Masegoso de Tajuña	1.61E-06	1.57E-05	7.42E-06	6.47E-05	5.52E-06	4.93E-06	7.55E-06	1.93E-05
Millana	6.87E-07	6.69E-06	3.15E-06	2.75E-05	2.35E-06	2.10E-06	3.21E-06	8.21E-06
Mirabueno	6.79E-07	6.64E-06	3.10E-06	2.74E-05	2.34E-06	2.08E-06	3.19E-06	8.13E-06
Ocentejo	1.28E-06	1.24E-05	5.87E-06	5.10E-05	4.36E-06	3.90E-06	5.97E-06	1.53E-05
Olivar (El)	3.76E-06	3.67E-05	1.73E-05	1.51E-04	1.29E-05	1.15E-05	1.76E-05	4.51E-05
Pareja	2.80E-05	4.46E-04	7.13E-04	5.49E-04	6.80E-04	1.16E-03	1.08E-03	9.60E-04
Peñalver	2.91E-06	2.84E-05	1.32E-05	1.18E-04	1.00E-05	8.90E-06	1.36E-05	3.48E-05
Peralveche	6.37E-07	6.21E-06	2.93E-06	2.55E-05	2.18E-06	1.95E-06	2.98E-06	7.62E-06
Recuenco (El)	4.34E-07	4.24E-06	1.99E-06	1.74E-05	1.49E-06	1.33E-06	2.04E-06	5.19E-06
Sacecorbo	1.72E-06	1.67E-05	7.88E-06	6.87E-05	5.87E-06	5.24E-06	8.04E-06	2.05E-05
Sacedón	1.32E-06	1.29E-05	6.03E-06	5.29E-05	4.52E-06	4.02E-06	6.17E-06	1.57E-05
Salmerón	7.37E-07	7.18E-06	3.39E-06	2.94E-05	2.52E-06	2.25E-06	3.45E-06	8.81E-06
San Andrés del Rey	4.81E-06	4.71E-05	2.20E-05	1.94E-04	1.66E-05	1.47E-05	2.26E-05	5.77E-05
Solanillos del Extremo	2.99E-06	2.92E-05	1.39E-05	1.20E-04	1.02E-05	9.16E-06	1.40E-05	3.59E-05
Sotillo (El)	1.41E-06	1.38E-05	6.49E-06	5.68E-05	4.85E-06	4.32E-06	6.62E-06	1.69E-05
Torrecuadradilla	2.41E-06	2.34E-05	1.10E-05	9.61E-05	8.21E-06	7.34E-06	1.12E-05	2.88E-05
Trillo	9.52E-07	8.60E-06	5.41E-06	3.01E-05	2.61E-06	2.76E-06	4.08E-06	1.14E-05
Valdeavellano	1.64E-06	1.61E-05	7.49E-06	6.66E-05	5.68E-06	5.04E-06	7.73E-06	1.97E-05
Valderrebollo	1.32E-06	1.29E-05	6.10E-06	5.29E-05	4.52E-06	4.03E-06	6.17E-06	1.58E-05
Valfermoso de Tajuña	2.51E-06	2.46E-05	1.14E-05	1.02E-04	8.69E-06	7.70E-06	1.18E-05	3.01E-05
Valtablado del Río	9.83E-07	9.57E-06	4.52E-06	3.92E-05	3.35E-06	3.00E-06	4.59E-06	1.17E-05
Yélamos de Abajo	3.88E-06	3.80E-05	1.77E-05	1.57E-04	1.34E-05	1.19E-05	1.82E-05	4.65E-05
Yélamos de Arriba	4.28E-06	4.18E-05	1.95E-05	1.72E-04	1.47E-05	1.31E-05	2.01E-05	5.12E-05

Tabla A15.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Cuenca								
Albendea	5.41E-06	2.98E-06	3.40E-06	3.62E-06	5.86E-07	2.14E-06	1.65E-06	1.83E-06
Alcantud	5.32E-06	2.93E-06	3.33E-06	3.56E-06	5.76E-07	2.11E-06	1.62E-06	1.80E-06
Arandilla del Arroyo	5.49E-06	3.02E-06	3.45E-06	3.68E-06	5.95E-07	2.17E-06	1.68E-06	1.86E-06
Salmeroncillos	1.08E-05	6.00E-06	6.90E-06	7.27E-06	1.18E-06	4.29E-06	3.31E-06	3.67E-06
Valdeolivas	6.24E-06	3.44E-06	3.92E-06	4.18E-06	6.77E-07	2.47E-06	1.91E-06	2.11E-06
Villar del Infantado	7.49E-06	4.14E-06	4.75E-06	5.03E-06	8.16E-07	2.97E-06	2.29E-06	2.54E-06
Vindel	8.24E-06	4.54E-06	5.20E-06	5.52E-06	8.97E-07	3.27E-06	2.52E-06	2.79E-06
Guadalajara								
Abánades	2.83E-05	1.56E-05	1.79E-05	1.90E-05	3.09E-06	1.12E-05	8.65E-06	9.60E-06
Alaminos	1.83E-05	1.00E-05	1.14E-05	1.22E-05	1.99E-06	7.25E-06	5.59E-06	6.21E-06
Alcocer	1.50E-05	8.28E-06	9.48E-06	1.01E-05	1.63E-06	5.94E-06	4.58E-06	5.08E-06
Algora	1.41E-05	7.73E-06	8.75E-06	9.44E-06	1.52E-06	5.60E-06	4.31E-06	4.79E-06
Alhóndiga	3.08E-05	1.68E-05	1.90E-05	2.05E-05	3.33E-06	1.22E-05	9.39E-06	1.04E-05
Alique	4.00E-05	2.22E-05	2.57E-05	2.69E-05	4.43E-06	1.59E-05	1.23E-05	1.36E-05
Almadrones	1.33E-05	7.28E-06	8.23E-06	8.88E-06	1.44E-06	5.27E-06	4.06E-06	4.51E-06
Alocén	2.76E-04	3.24E-04	3.19E-04	3.53E-04	3.35E-04	2.43E-04	4.68E-04	2.60E-04
Arbeteta	1.58E-05	8.82E-06	1.02E-05	1.07E-05	1.74E-06	6.28E-06	4.85E-06	5.38E-06
Argecilla	1.08E-05	5.90E-06	6.64E-06	7.21E-06	1.16E-06	4.28E-06	3.29E-06	3.66E-06
Armallones	9.99E-06	5.52E-06	6.35E-06	6.70E-06	1.09E-06	3.96E-06	3.05E-06	3.39E-06
Auñón	3.16E-05	1.73E-05	1.96E-05	2.11E-05	3.42E-06	1.25E-05	9.64E-06	1.07E-05
Barriopedro	2.33E-05	1.28E-05	1.44E-05	1.56E-05	2.54E-06	9.24E-06	7.12E-06	7.90E-06
Berninches	4.08E-05	2.23E-05	2.53E-05	2.73E-05	4.43E-06	1.62E-05	1.25E-05	1.38E-05
Brihuega	1.66E-05	9.10E-06	1.02E-05	1.11E-05	1.80E-06	6.59E-06	5.07E-06	5.63E-06
Budia	7.07E-05	3.88E-05	4.42E-05	4.74E-05	7.77E-06	2.81E-05	2.17E-05	2.40E-05
Canredondo	4.59E-05	2.56E-05	2.97E-05	3.09E-05	5.08E-06	1.82E-05	1.41E-05	1.56E-05
Castejón de Henares	1.08E-05	5.91E-06	6.68E-06	7.21E-06	1.16E-06	4.28E-06	3.29E-06	3.66E-06
Castilforte	7.74E-06	4.27E-06	4.89E-06	5.19E-06	8.43E-07	3.07E-06	2.37E-06	2.62E-06
Cifuentes	6.91E-05	3.81E-05	4.36E-05	4.64E-05	7.64E-06	2.74E-05	2.12E-05	2.35E-05
Cogollor	2.00E-05	1.09E-05	1.24E-05	1.33E-05	2.17E-06	7.91E-06	6.10E-06	6.77E-06
Chillarón del Rey	2.98E-04	3.46E-04	3.41E-04	3.78E-04	3.56E-04	2.62E-04	4.97E-04	2.78E-04
Durón	3.28E-04	3.68E-04	3.64E-04	4.01E-04	3.66E-04	2.75E-04	5.16E-04	2.92E-04
Escamilla	1.58E-05	8.80E-06	1.02E-05	1.07E-05	1.74E-06	6.28E-06	4.85E-06	5.38E-06
Esplegares	2.25E-05	1.25E-05	1.44E-05	1.51E-05	2.46E-06	8.91E-06	6.88E-06	7.63E-06
Fuentelencina	2.49E-05	1.36E-05	1.54E-05	1.66E-05	2.69E-06	9.88E-06	7.61E-06	8.45E-06
Gajanejos	9.97E-06	5.45E-06	6.13E-06	6.65E-06	1.07E-06	3.95E-06	3.04E-06	3.38E-06
Henche	1.58E-04	8.57E-05	9.63E-05	1.06E-04	1.75E-05	6.28E-05	4.85E-05	5.38E-05
Inviernas (Las)	1.91E-05	1.05E-05	1.19E-05	1.28E-05	2.08E-06	7.58E-06	5.85E-06	6.49E-06
Irueste	5.40E-05	2.94E-05	3.31E-05	3.60E-05	5.83E-06	2.14E-05	1.65E-05	1.83E-05
Ledanca	1.08E-05	5.89E-06	6.63E-06	7.20E-06	1.16E-06	4.28E-06	3.29E-06	3.66E-06
Mantiel	9.16E-05	5.06E-05	5.82E-05	6.16E-05	1.02E-05	3.64E-05	2.81E-05	3.12E-05
Masegoso de Tajuña	2.75E-05	1.51E-05	1.71E-05	1.84E-05	3.00E-06	1.09E-05	8.40E-06	9.32E-06
Millana	1.17E-05	6.46E-06	7.44E-06	7.84E-06	1.28E-06	4.62E-06	3.57E-06	3.96E-06
Mirabueno	1.16E-05	6.36E-06	7.19E-06	7.77E-06	1.25E-06	4.61E-06	3.55E-06	3.94E-06

Tabla A15.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) (continuación)

Municipio	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ocentejo	2.17E-05	1.20E-05	1.39E-05	1.46E-05	2.38E-06	8.59E-06	6.63E-06	7.35E-06
Olivar (El)	6.41E-05	3.51E-05	4.00E-05	4.29E-05	7.02E-06	2.54E-05	1.96E-05	2.18E-05
Pareja	4.96E-04	6.34E-04	6.20E-04	6.63E-04	6.80E-04	4.65E-04	9.45E-04	5.13E-04
Peñalver	4.99E-05	2.71E-05	3.05E-05	3.32E-05	5.38E-06	1.97E-05	1.52E-05	1.69E-05
Peralveche	1.08E-05	5.99E-06	6.87E-06	7.27E-06	1.19E-06	4.29E-06	3.31E-06	3.67E-06
Recuenco (El)	7.41E-06	4.08E-06	4.67E-06	4.96E-06	8.05E-07	2.93E-06	2.26E-06	2.51E-06
Sacecorbo	2.92E-05	1.62E-05	1.87E-05	1.96E-05	3.20E-06	1.16E-05	8.93E-06	9.90E-06
Sacedón	2.25E-05	1.23E-05	1.41E-05	1.50E-05	2.44E-06	8.90E-06	6.86E-06	7.62E-06
Salmerón	1.25E-05	6.95E-06	8.03E-06	8.41E-06	1.37E-06	4.96E-06	3.83E-06	4.24E-06
San Andrés del Rey	8.23E-05	4.48E-05	5.06E-05	5.49E-05	8.95E-06	3.26E-05	2.51E-05	2.79E-05
Solanillos del Extremo	5.08E-05	2.79E-05	3.17E-05	3.40E-05	5.61E-06	2.02E-05	1.56E-05	1.73E-05
Sotillo (El)	2.41E-05	1.32E-05	1.50E-05	1.61E-05	2.63E-06	9.56E-06	7.37E-06	8.18E-06
Torrecuadradilla	4.08E-05	2.26E-05	2.60E-05	2.74E-05	4.49E-06	1.62E-05	1.25E-05	1.39E-05
Trillo	1.31E-05	9.55E-06	1.34E-05	9.95E-06	2.09E-06	5.42E-06	4.38E-06	4.72E-06
Valdeavellano	2.82E-05	1.54E-05	1.73E-05	1.88E-05	3.03E-06	1.12E-05	8.61E-06	9.56E-06
Valderrebollo	2.25E-05	1.23E-05	1.39E-05	1.50E-05	2.45E-06	8.90E-06	6.86E-06	7.62E-06
Valfermoso de Tajuña	4.32E-05	2.34E-05	2.64E-05	2.88E-05	4.64E-06	1.71E-05	1.32E-05	1.46E-05
Valtablado del Río	1.67E-05	9.26E-06	1.07E-05	1.12E-05	1.83E-06	6.61E-06	5.10E-06	5.66E-06
Yélamos de Abajo	6.65E-05	3.62E-05	4.08E-05	4.44E-05	7.20E-06	2.63E-05	2.03E-05	2.25E-05
Yélamos de Arriba	7.32E-05	3.98E-05	4.50E-05	4.88E-05	7.94E-06	2.90E-05	2.23E-05	2.48E-05

Figura A15.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos en el municipio de Pareja, año 2003 ***(Total: 5.03E-04 mSv)***

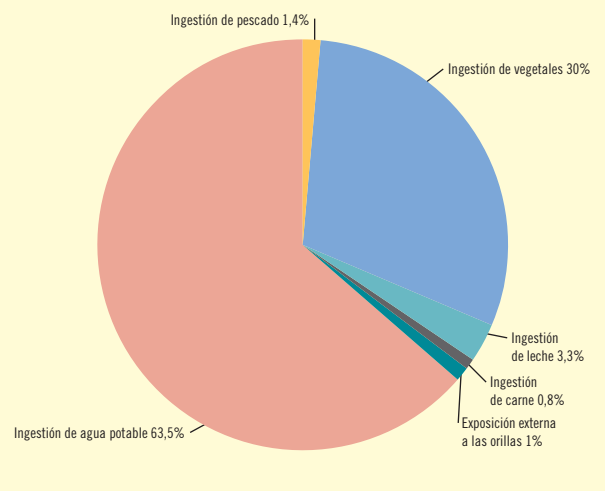


Figura A15.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Pareja, año 2003 ***(Total: 9.90E-06 mSv)***

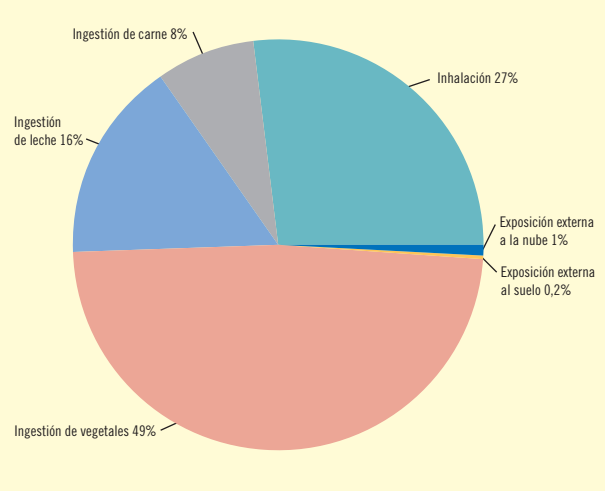
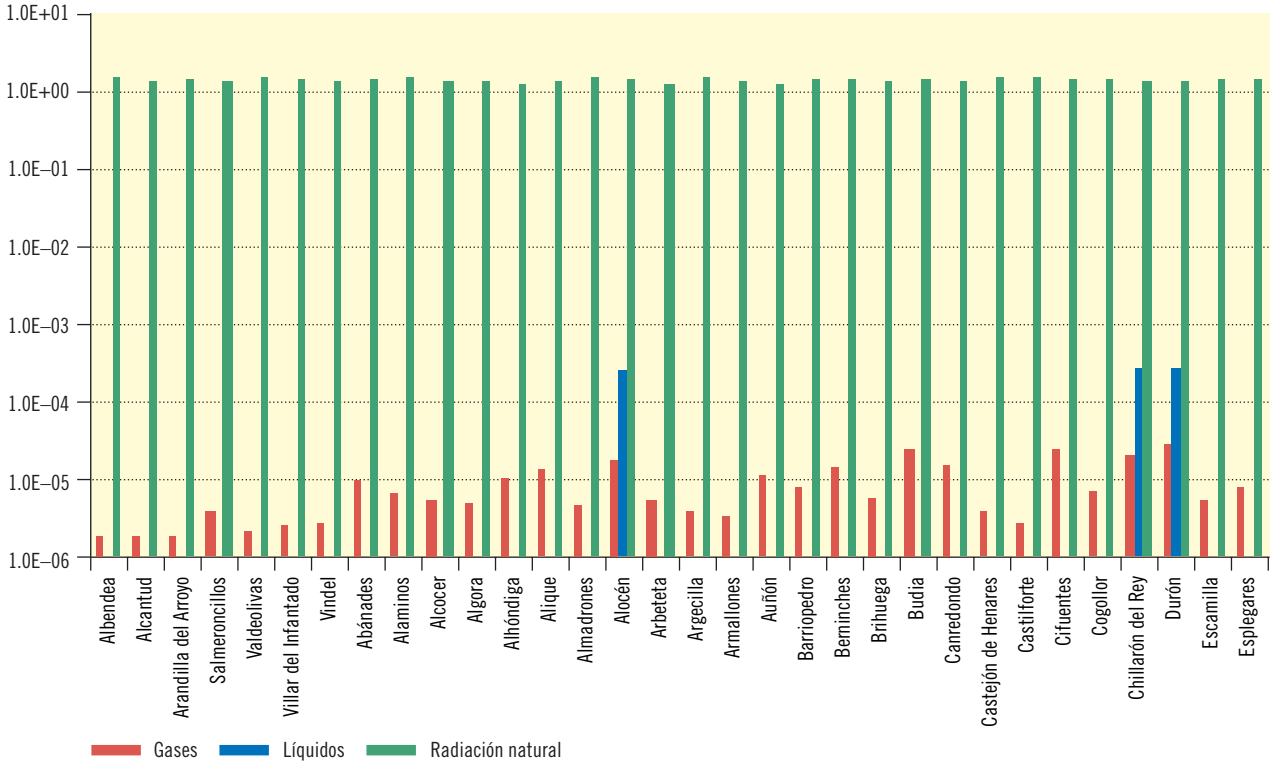


Figura A15.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003



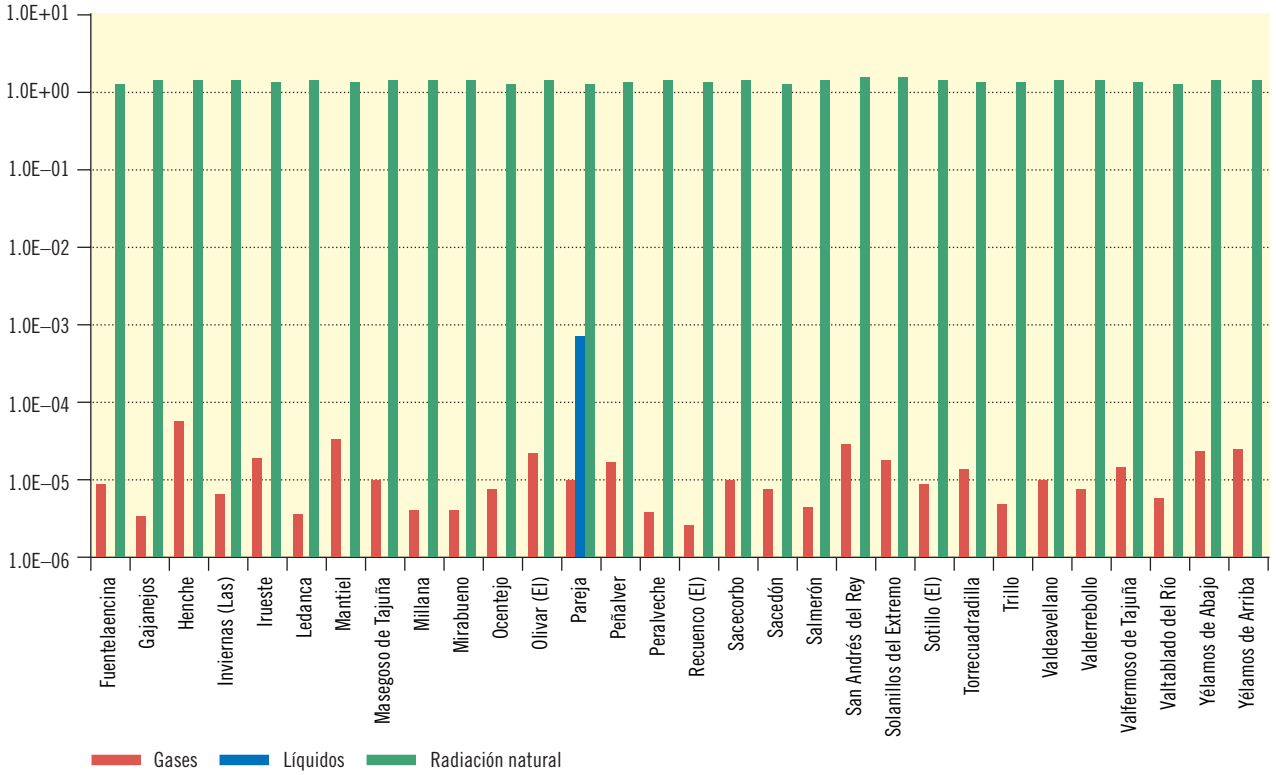


Tabla A15.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Cuenca	
Albendea	4.65E-05
Alcantud	4.58E-05
Arandilla del Arroyo	4.72E-05
Salmeroncillos	9.34E-05
Valdeolivas	5.37E-05
Villar del Infantado	6.46E-05
Vindel	7.10E-05
Guadalajara	
Abánades	2.44E-04
Alaminos	1.57E-04
Alcocer	1.29E-04
Algora	1.21E-04
Alhóndiga	2.64E-04
Alique	3.46E-04
Almadrones	1.14E-04
Alocén	5.44E-03
Arbeteta	1.37E-04
Argecilla	9.27E-05
Armallones	8.61E-05
Auñón	2.71E-04
Barriopedro	2.00E-04
Berninches	3.50E-04
Brihuega	1.43E-04
Budia	6.09E-04
Canredondo	3.97E-04
Castejón de Henares	9.28E-05
Castilforte	6.67E-05
Cifuentes	5.97E-04
Cogollor	1.72E-04
Chillarón del Rey	5.81E-03
Durón	6.15E-03

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Escamilla	1.37E-04
Esplegares	1.94E-04
Fuentelencina	2.14E-04
Gajanejos	8.56E-05
Henche	1.36E-03
Inviernas (Las)	1.65E-04
Irueste	4.63E-04
Ledanca	9.27E-05
Mantiel	7.92E-04
Masegoso de Tajuña	2.36E-04
Millana	1.01E-04
Mirabueno	9.99E-05
Ocentejo	1.87E-04
Olivar (El)	5.52E-04
Pareja	1.06E-02
Peñalver	4.27E-04
Peralveche	9.34E-05
Recuenco (El)	6.38E-05
Sacecorbo	2.52E-04
Sacedón	1.93E-04
Salmerón	1.08E-04
San Andrés del Rey	7.07E-04
Solanillos del Extremo	4.38E-04
Sotillo (El)	2.08E-04
Torrecuadradilla	3.52E-04
Trillo	1.28E-04
Valdeavellano	2.42E-04
Valderrebollo	1.93E-04
Valfermoso de Tajuña	3.70E-04
Valtablado del Río	1.44E-04
Yélamos de Abajo	5.70E-04
Yélamos de Arriba	6.28E-04

Figura A15.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por la central nuclear de Trillo en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1988-2003

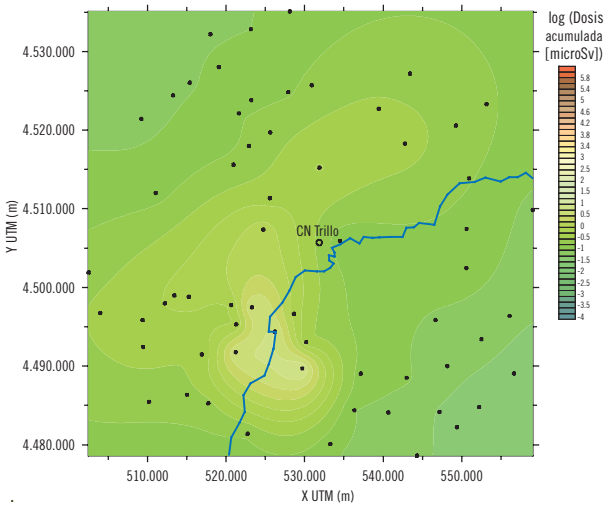


Figura A15.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1988-2003

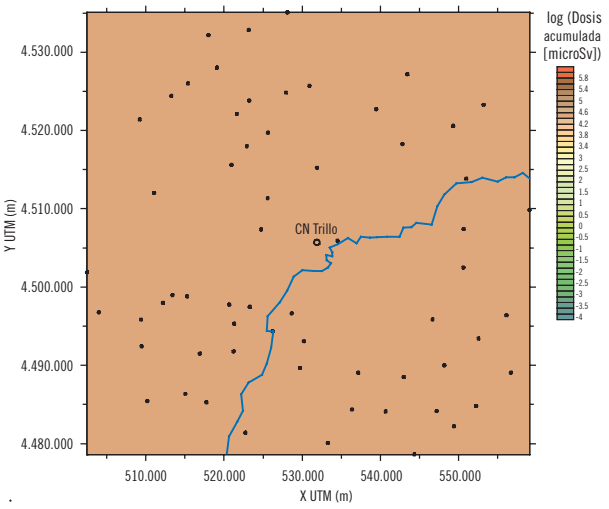


Tabla A14.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1988-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Cuenca									
Albendea	0,60	0,02	0,11	0,08	0,44	0,40	0,37	2,02	32,29
Alcantud	0,60	0,02	0,11	0,05	0,29	0,40	0,37	1,84	29,49
Arandilla del Arroyo	0,60	0,02	0,11	0,07	0,40	0,41	0,37	1,98	31,63
Salmeroncillos	0,60	0,02	0,11	0,05	0,29	0,41	0,37	1,85	29,54
Valdeolivas	0,60	0,02	0,11	0,07	0,43	0,42	0,37	2,02	32,39
Villar del Infantado	0,60	0,02	0,11	0,07	0,40	0,39	0,37	1,96	31,40
Vindel	0,60	0,02	0,11	0,06	0,33	0,41	0,37	1,90	30,35
Guadalajara									
Abánades	0,60	0,02	0,11	0,06	0,33	0,45	0,37	1,93	30,89
Alaminos	0,60	0,02	0,11	0,07	0,41	0,45	0,37	2,03	32,48
Alcocer	0,60	0,02	0,11	0,06	0,34	0,39	0,37	1,89	30,28
Algora	0,60	0,02	0,11	0,05	0,28	0,46	0,37	1,90	30,34
Alhóndiga	0,60	0,02	0,11	0,05	0,28	0,40	0,37	1,83	29,22
Alique	0,60	0,02	0,11	0,05	0,29	0,42	0,37	1,86	29,72
Almadrones	0,60	0,02	0,11	0,07	0,42	0,45	0,37	2,04	32,63
Alocén	0,60	0,02	0,11	0,06	0,35	0,43	0,37	1,94	30,97
Arbeteta	0,55	0,02	0,11	0,04	0,23	0,43	0,37	1,75	28,03
Argecilla	0,60	0,02	0,11	0,07	0,42	0,43	0,37	2,02	32,25
Armallones	0,60	0,02	0,11	0,05	0,28	0,49	0,37	1,92	30,72
Auñón	0,60	0,02	0,11	0,05	0,28	0,39	0,37	1,81	29,02
Barriopedro	0,60	0,02	0,11	0,07	0,38	0,42	0,37	1,97	31,48

Tabla A14.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumulada al período 1988-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Berninches	0,60	0,02	0,11	0,06	0,38	0,42	0,37	1,96	31,44
Brihuega	0,60	0,02	0,11	0,06	0,34	0,41	0,37	1,92	30,67
Budia	0,60	0,02	0,11	0,07	0,39	0,41	0,37	1,98	31,60
Canredondo	0,60	0,02	0,11	0,04	0,24	0,48	0,37	1,86	29,78
Castejón de Henares	0,60	0,02	0,11	0,07	0,42	0,43	0,37	2,03	32,40
Castilforte	0,60	0,02	0,11	0,07	0,42	0,44	0,37	2,02	32,39
Cifuentes	0,57	0,02	0,11	0,06	0,35	0,41	0,37	1,90	30,43
Cogollor	0,60	0,02	0,11	0,07	0,41	0,42	0,37	2,00	32,07
Chillarón del Rey	0,60	0,02	0,11	0,05	0,30	0,40	0,37	1,85	29,62
Durón	0,55	0,02	0,11	0,06	0,36	0,39	0,37	1,86	29,73
Escamilla	0,60	0,02	0,11	0,07	0,38	0,44	0,37	1,98	31,75
Esplegares	0,60	0,02	0,11	0,06	0,34	0,47	0,37	1,97	31,54
Fuentelencina	0,60	0,02	0,11	0,04	0,23	0,43	0,37	1,80	28,87
Gajanejos	0,60	0,02	0,11	0,06	0,35	0,44	0,37	1,95	31,24
Henche	0,60	0,02	0,11	0,07	0,39	0,40	0,37	1,96	31,38
Inviernas (Las)	0,60	0,02	0,11	0,06	0,37	0,43	0,37	1,97	31,54
Irueste	0,60	0,02	0,11	0,06	0,32	0,41	0,37	1,88	30,14
Ledanca	0,60	0,02	0,11	0,07	0,39	0,42	0,37	1,98	31,72
Mantiel	0,60	0,02	0,11	0,05	0,30	0,42	0,37	1,87	29,95
Masegoso de Tajuña	0,60	0,02	0,11	0,07	0,40	0,41	0,37	1,99	31,83
Millana	0,60	0,02	0,11	0,06	0,37	0,40	0,37	1,94	31,00
Mirabueno	0,60	0,02	0,11	0,06	0,35	0,45	0,37	1,96	31,40
Ocentejo	0,60	0,02	0,11	0,04	0,23	0,41	0,37	1,78	28,42
Olivar (El)	0,60	0,02	0,11	0,06	0,37	0,45	0,37	1,98	31,72
Pareja	0,60	0,02	0,11	0,05	0,28	0,39	0,37	1,82	29,12
Peñalver	0,60	0,02	0,11	0,05	0,30	0,43	0,37	1,87	30,00
Peralveche	0,60	0,02	0,11	0,06	0,35	0,46	0,37	1,97	31,57
Recuenco (El)	0,60	0,02	0,11	0,04	0,25	0,43	0,37	1,83	29,30
Sacecorbo	0,60	0,02	0,11	0,05	0,30	0,46	0,37	1,92	30,75
Sacedón	0,62	0,02	0,11	0,04	0,25	0,38	0,37	1,80	28,78
Salmerón	0,60	0,02	0,11	0,07	0,41	0,40	0,37	1,98	31,66
San Andrés del Rey	0,60	0,02	0,11	0,07	0,41	0,44	0,37	2,02	32,29
Solanillos del Extremo	0,60	0,02	0,11	0,07	0,41	0,44	0,37	2,01	32,22
Sotillo (El)	0,60	0,02	0,11	0,06	0,34	0,44	0,37	1,95	31,13
Torrecuadradilla	0,60	0,02	0,11	0,04	0,25	0,44	0,37	1,83	29,34
Trillo	0,54	0,02	0,11	0,05	0,30	0,38	0,37	1,77	28,37
Valdeavellano	0,60	0,02	0,11	0,06	0,34	0,43	0,37	1,93	30,88
Valderrebollo	0,60	0,02	0,11	0,07	0,40	0,41	0,37	1,98	31,65
Valfermoso de Tajuña	0,60	0,02	0,11	0,05	0,32	0,43	0,37	1,90	30,40
Valtablado del Río	0,60	0,02	0,11	0,04	0,22	0,40	0,37	1,77	28,25
Yélamos de Abajo	0,60	0,02	0,11	0,06	0,37	0,42	0,37	1,95	31,22
Yélamos de Arriba	0,60	0,02	0,11	0,07	0,39	0,42	0,37	1,98	31,68

Tabla A15.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
16	Cuenca	6	Albendea	29.399	SE
		9	Alcantud	29.897	SE
		20	Arandilla del Arroyo	29.245	SE
		188	Salmeroncillos	23.477	SSE
		228	Valdeolivas	26.512	SE
		259	Villar del Infantado	29.965	SSE
		275	Vindel	24.040	ESE
19	Guadalajara	1	Abánades	24.150	NNE
		4	Alaminos	19.942	NNW
		9	Alcocer	25.857	S
		17	Algora	29.428	N
		18	Alhóndiga	25.868	SW
		19	Alique	12.960	S
		20	Almadrones	25.589	NNW
		23	Alocén	17.759	SW
		38	Arbeteta	18.930	E
		39	Argecilla	26.059	NW
		40	Armallones	27.347	E
		45	Auñón	25.075	SW
		50	Barriopedro	14.680	NW
		51	Berninches	20.853	SW
		53	Brihuega	21.796	WNW
		54	Budia	13.946	SW
		64	Canredondo	16.410	NE
		75	Castejón de Henares	29.747	NNW
		78	Castilforte	22.693	SE
		86	Cifuentes	9.324	N
		91	Cogollor	19.227	NNW
		106	Chillarón del Rey	12.910	SSW
		108	Durón	12.124	SW
		110	Escamilla	17.647	SSE
		114	Esplegares	27.395	NE
		121	Fuentelencina	29.889	SW
		125	Gajanejos	27.532	NW
		132	Henche	7.375	W
		154	Inviernas (Las)	19.341	NNW

Tabla A15.5. Municipios del entorno de 30 km (continuación)

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
		155	Irueste	24.741	WSW
		159	Ledanca	26.315	NW
		169	Mantiel	9.862	SSW
		172	Masegoso de Tajuña	15.185	NNW
		184	Millana	21.987	SSE
		186	Mirabueno	28.314	NNW
		199	Ocentejo	20.565	ENE
		200	Olivar (El)	15.067	SW
		211	Pareja	16.383	S
		215	Peñalver	26.249	WSW
		217	Peralveche	17.790	SE
		232	Recuenco (El)	25.927	ESE
		244	Sacecorbo	22.661	NE
		245	Sacedón	26.212	SSW
		247	Salmerón	20.579	SSE
		249	San Andrés del Rey	18.155	WSW
		258	Solanillos del Extremo	8.402	NW
		260	Sotillo (El)	19.824	N
		278	Torrecuadradilla	18.391	NNE
		291	Trillo	2.527	E
		299	Valdeavellano	29.746	W
		306	Valderrebollo	15.112	NW
		308	Valfermoso de Tajuña	29.439	WSW
		310	Valtablado del Río	18.706	E
		329	Yélamos de Abajo	21.300	WSW
		330	Yélamos de Arriba	19.814	WSW

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A15.6 y A15.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A15.6 y A15.7. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA).

Figura A15.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

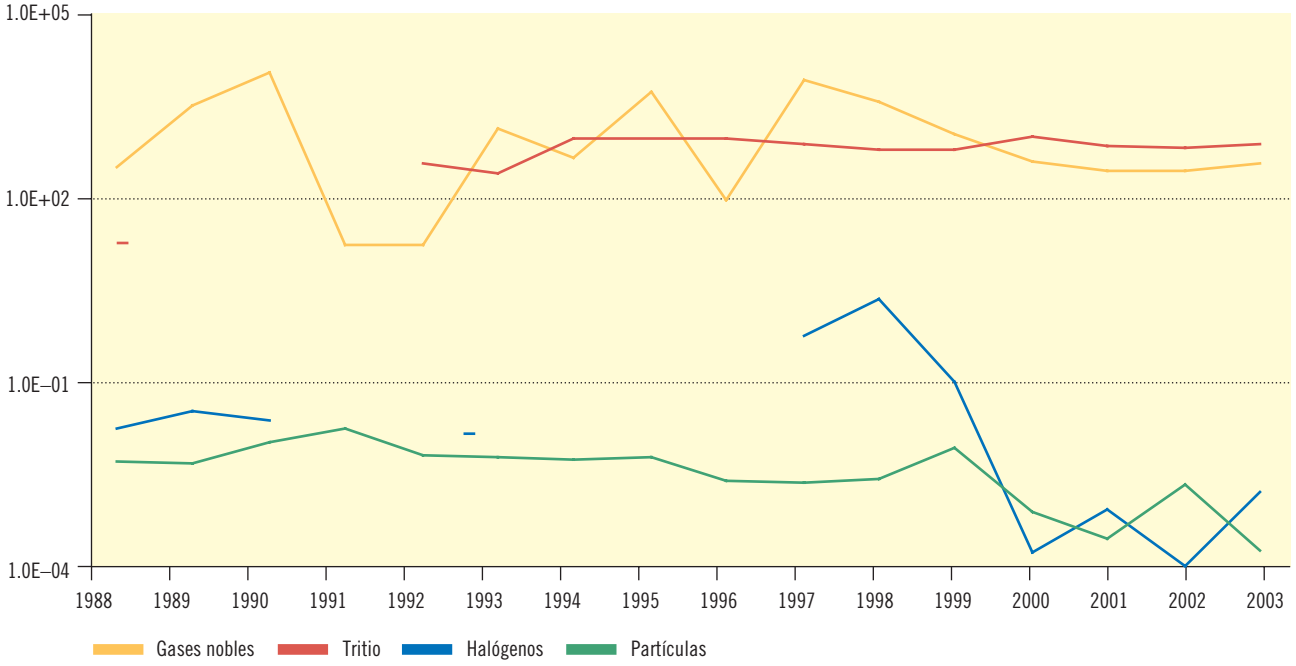


Figura A15.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

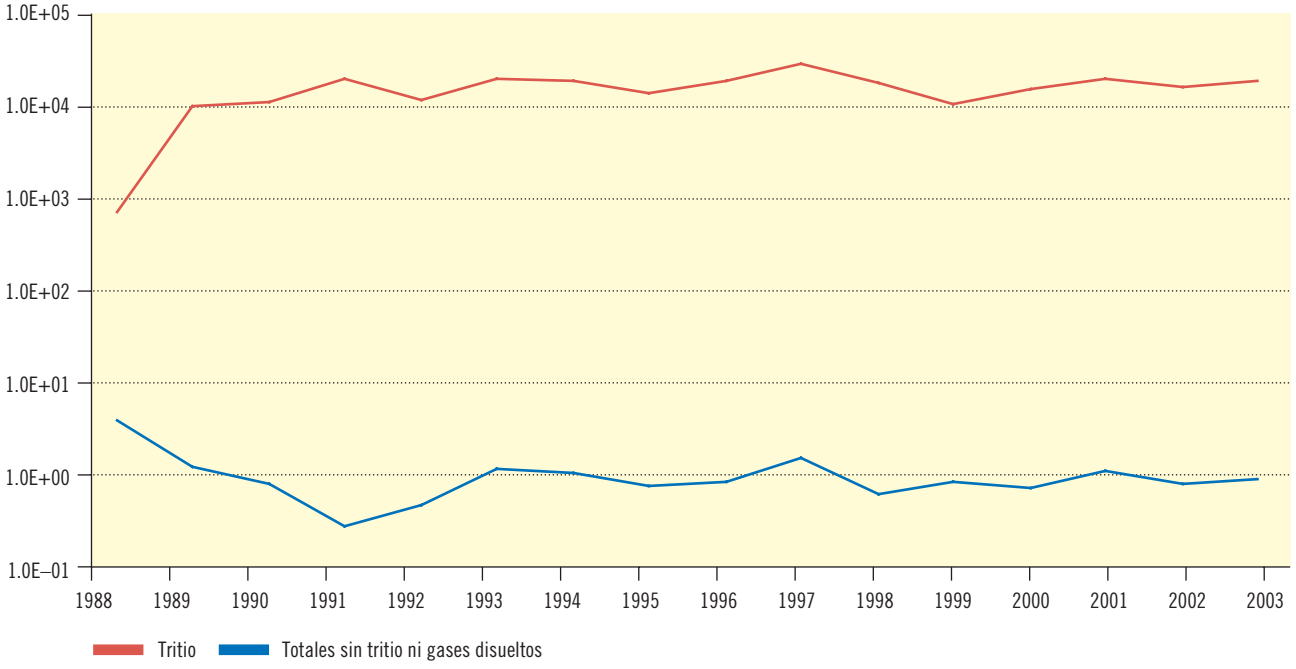


Tabla A15.6 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.84E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.87E+05	0.00E+00	3.48E+04
Ar-41	7.35E+10	3.22E+11	4.39E+11	1.71E+10	6.49E+09	2.02E+11	1.98E+11	1.17E+12	8.72E+10	3.22E+10
Be-7	1.56E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.66E+05	8.01E+05	7.57E+05	9.50E+05	2.39E+05	3.79E+04	7.11E+05	2.41E+06	1.69E+05	4.34E+05
Co-60	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+05	2.21E+05	1.60E+05	1.96E+06	2.05E+06	1.94E+06	6.85E+05
Cr-51	0.00E+00	2.41E+06	3.27E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.31E+05	3.22E+05	0.00E+00	4.69E+05
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.91E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.61E+04
C-14	8.42E+09	8.30E+10	3.60E+10	3.48E+11	2.89E+10	2.54E+10	3.82E+10	9.93E+10	1.46E+11	7.59E+10
H-3	2.10E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.55E+11	2.39E+11	9.04E+11	9.02E+11	8.77E+11	7.43E+11
I-131	6.62E+06	2.74E+07	2.14E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.95E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.09E+08
I-133	9.95E+06	4.72E+06	1.75E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E+08
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	1.30E+09	5.04E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E+07
Kr-87	2.10E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.50E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.75E+09	1.22E+11	8.54E+10	0.00E+00	0.00E+00	2.77E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	3.34E+04	4.26E+04	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.31E+05	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	2.25E+05	0.00E+00	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E+05	3.30E+05	5.30E+05
Sb-124	4.70E+06	1.31E+06	5.24E+06	1.46E+07	3.12E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+05	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	3.96E+06	0.00E+00	2.37E+06	5.44E+06	1.69E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.69E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.35E+05	9.37E+04	0.00E+00	3.48E+04
Xe-133	2.17E+11	2.01E+12	8.73E+12	0.00E+00	8.65E+09	1.00E+12	2.35E+11	3.65E+12	1.82E+06	7.45E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+09	0.00E+00	8.16E+10	0.00E+00	3.58E+10
Xe-135	6.39E+09	4.84E+11	1.58E+12	0.00E+00	2.04E+09	5.04E+10	3.84E+09	1.54E+11	2.43E+06	5.12E+11
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+05	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A15.6 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.06E+04	0.00E+00
Ar-41	8.96E+09	1.98E+11	3.41E+11	1.98E+11	2.30E+11	2.10E+11
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	3.01E+05	2.63E+06	0.00E+00	0.00E+00	6.99E+05	6.92E+04
Co-60	1.28E+06	2.84E+06	7.80E+05	1.50E+05	5.79E+05	1.13E+05
Cr-51	0.00E+00	6.04E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	1.42E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	5.54E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.34E+05	0.00E+00
C-14	8.55E+10	9.63E+10	1.34E+10	5.69E+10	4.34E+10	4.82E+10
H-3	5.88E+11	5.97E+11	9.85E+11	6.56E+11	6.37E+11	7.31E+11
I-131	7.75E+08	8.98E+07	1.65E+05	8.39E+05	1.02E+05	1.62E+06
I-133	1.41E+09	9.58E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	4.94E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	1.49E+08	1.49E+10	4.04E+07	4.66E+09	5.77E+09	1.79E+09
Kr-87	6.75E+07	1.98E+10	6.06E+07	5.60E+08	9.01E+09	1.67E+09
Kr-88	2.57E+08	2.97E+10	8.07E+07	8.93E+08	1.71E+06	3.35E+09
Mn-54	0.00E+00	2.23E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	7.42E+05	4.41E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.76E+05	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	5.05E+05	0.00E+00	1.30E+05	2.60E+05	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-123 m	0.00E+00	1.41E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	3.32E+12	6.87E+11	1.41E+10	4.32E+09	2.49E+08	1.18E+11
Xe-133 m	1.09E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.55E+10	0.00E+00	5.02E+06
Xe-135	1.79E+11	1.12E+11	2.36E+10	1.14E+10	1.15E+10	9.93E+09
Xe-138	0.00E+00	2.52E+07	0.00E+00	1.70E+08	2.22E+06	1.00E+09
Zr-95	3.09E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A15.7 (1/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.84E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.87E+05	0.00E+00	3.48E+04
Ar-41	7.35E+10	3.22E+11	4.39E+11	1.71E+10	6.49E+09	2.02E+11	1.98E+11	1.17E+12	8.72E+10	3.22E+10
Be-7	1.56E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1.66E+05	8.01E+05	7.57E+05	9.50E+05	2.39E+05	3.79E+04	7.11E+05	2.41E+06	1.69E+05	4.34E+05
Co-60	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E+05	2.21E+05	1.60E+05	1.96E+06	2.05E+06	1.94E+06	6.85E+05
Cr-51	0.00E+00	2.41E+06	3.27E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.31E+05	3.22E+05	0.00E+00	4.69E+05
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.91E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.61E+04
C-14	8.42E+09	8.30E+10	3.60E+10	3.48E+11	2.89E+10	2.54E+10	3.82E+10	9.93E+10	1.46E+11	7.59E+10
H-3	2.10E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.55E+11	2.39E+11	9.04E+11	9.02E+11	8.77E+11	7.43E+11
I-131	6.62E+06	2.74E+07	2.14E+07	0.00E+00	0.00E+00	6.95E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.09E+08
I-133	9.95E+06	4.72E+06	1.75E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E+08
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	1.30E+09	5.04E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E+07
Kr-87	2.10E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.50E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	1.75E+09	1.22E+11	8.54E+10	0.00E+00	0.00E+00	2.77E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.00E+00	3.34E+04	4.26E+04	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.31E+05	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	0.00E+00	2.25E+05	0.00E+00	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E+05	3.30E+05	5.30E+05
Sb-124	4.70E+06	1.31E+06	5.24E+06	1.46E+07	3.12E+06	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+05	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	3.96E+06	0.00E+00	2.37E+06	5.44E+06	1.69E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.69E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-123 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.35E+05	9.37E+04	0.00E+00	3.48E+04
Xe-133	2.17E+11	2.01E+12	8.73E+12	0.00E+00	8.65E+09	1.00E+12	2.35E+11	3.65E+12	1.82E+06	7.45E+12
Xe-133 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+09	0.00E+00	8.16E+10	0.00E+00	3.58E+10
Xe-135	6.39E+09	4.84E+11	1.58E+12	0.00E+00	2.04E+09	5.04E+10	3.84E+09	1.54E+11	2.43E+06	5.12E+11
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+05	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A15.7 (2/2). Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ag-110 m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.06E+04	0.00E+00
Ar-41	8.96E+09	1.98E+11	3.41E+11	1.98E+11	2.30E+11	2.10E+11
Be-7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	3.01E+05	2.63E+06	0.00E+00	0.00E+00	6.99E+05	6.92E+04
Co-60	1.28E+06	2.84E+06	7.80E+05	1.50E+05	5.79E+05	1.13E+05
Cr-51	0.00E+00	6.04E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	1.42E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	5.54E+05	0.00E+00	0.00E+00	3.34E+05	0.00E+00
C-14	8.55E+10	9.63E+10	1.34E+10	5.69E+10	4.34E+10	4.82E+10
H-3	5.88E+11	5.97E+11	9.85E+11	6.56E+11	6.37E+11	7.31E+11
I-131	7.75E+08	8.98E+07	1.65E+05	8.39E+05	1.02E+05	1.62E+06
I-133	1.41E+09	9.58E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	4.94E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85 m	1.49E+08	1.49E+10	4.04E+07	4.66E+09	5.77E+09	1.79E+09
Kr-87	6.75E+07	1.98E+10	6.06E+07	5.60E+08	9.01E+09	1.67E+09
Kr-88	2.57E+08	2.97E+10	8.07E+07	8.93E+08	1.71E+06	3.35E+09
Mn-54	0.00E+00	2.23E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Nb-95	7.42E+05	4.41E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.76E+05	0.00E+00
Sb-124	0.00E+00	5.05E+05	0.00E+00	1.30E+05	2.60E+05	0.00E+00
Sr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Te-123 m	0.00E+00	1.41E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	3.32E+12	6.87E+11	1.41E+10	4.32E+09	2.49E+08	1.18E+11
Xe-133 m	1.09E+08	0.00E+00	0.00E+00	3.55E+10	0.00E+00	5.02E+06
Xe-135	1.79E+11	1.12E+11	2.36E+10	1.14E+10	1.15E+10	9.93E+09
Xe-138	0.00E+00	2.52E+07	0.00E+00	1.70E+08	2.22E+06	1.00E+09
Zr-95	3.09E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabla A15.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Cuenca				
Albendea	6.500E-09	5.500E-09	4.900E-09	1.300E-11
Alcantud	6.400E-09	5.300E-09	4.700E-09	1.200E-11
Arandilla del Arroyo	6.600E-09	5.500E-09	4.900E-09	1.300E-11
Salmeroncillos	1.300E-08	1.100E-08	1.000E-08	3.300E-11
Valdeolivas	7.500E-09	6.400E-09	5.700E-09	1.500E-11
Villar del Infantado	9.000E-09	7.800E-09	6.900E-09	2.100E-11
Vindel	9.900E-09	8.600E-09	7.800E-09	2.100E-11
Guadalajaraa				
Abánades	3.400E-08	3.000E-08	2.700E-08	7.600E-11
Alaminos	2.200E-08	1.900E-08	1.900E-08	3.600E-11
Alcocer	1.800E-08	1.600E-08	1.500E-08	4.000E-11
Algora	1.700E-08	1.400E-08	1.300E-08	2.500E-11
Alhóndiga	3.700E-08	3.200E-08	3.000E-08	5.300E-11
Alique	4.800E-08	4.500E-08	4.400E-08	1.300E-10
Almadrones	1.600E-08	1.300E-08	1.300E-08	2.300E-11
Alocén	6.100E-08	5.600E-08	5.300E-08	1.000E-10
Arbeteta	1.900E-08	1.800E-08	1.700E-08	5.400E-11
Argecilla	1.300E-08	1.100E-08	9.800E-09	1.500E-11
Armallones	1.200E-08	1.000E-08	9.700E-09	2.900E-11
Auñón	3.800E-08	3.400E-08	3.100E-08	5.600E-11
Barriopedro	2.800E-08	2.500E-08	2.400E-08	3.900E-11
Berninches	4.900E-08	4.400E-08	4.100E-08	7.700E-11
Brihuega	2.000E-08	1.700E-08	1.600E-08	2.300E-11
Budia	8.500E-08	8.000E-08	7.700E-08	1.500E-10
Canredondo	5.500E-08	5.100E-08	4.700E-08	1.700E-10
Castejón de Henares	1.300E-08	1.100E-08	9.900E-09	1.800E-11
Castilforte	9.300E-09	8.100E-09	7.400E-09	2.000E-11
Cifuentes	8.300E-08	7.800E-08	7.700E-08	1.700E-10
Cogollor	2.400E-08	2.100E-08	2.000E-08	3.800E-11
Chillarón del Rey	7.200E-08	6.800E-08	6.500E-08	1.600E-10
Durón	1.000E-07	9.800E-08	9.500E-08	1.900E-10
Escamilla	1.900E-08	1.700E-08	1.600E-08	5.300E-11
Esplegares	2.700E-08	2.400E-08	2.100E-08	7.100E-11
Fuentelencina	3.000E-08	2.600E-08	2.400E-08	4.100E-11
Gajanejos	1.20E-08	9.70E-09	9.00E-09	1.4E-11
Henche	1.90E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.7E-10
Inviernas (Las)	2.30E-08	2.00E-08	1.90E-08	3.8E-11
Irueste	6.50E-08	5.80E-08	5.40E-08	7.2E-11
Ledanca	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	1.5E-11
Mantiel	1.10E-07	1.00E-07	9.80E-08	2.6E-10
Masegoso de Tajuña	3.30E-08	2.90E-08	2.80E-08	5.6E-11
Millana	1.40E-08	1.20E-08	1.10E-08	3.6E-11
Mirabueno	1.40E-08	1.10E-08	1.10E-08	2E-11
Ocentejo	2.60E-08	2.40E-08	2.10E-08	7.2E-11
Olivar (El)	7.70E-08	7.10E-08	6.80E-08	1.3E-10
Pareja	3.50E-08	3.20E-08	3.00E-08	8.6E-11
Peñalver	6.00E-08	5.30E-08	4.90E-08	6.5E-11
Peralveche	1.30E-08	1.20E-08	1.10E-08	3E-11
Recuenco (El)	8.90E-09	7.60E-09	7.00E-09	1.9E-11
Sacecorbo	3.50E-08	3.10E-08	2.80E-08	9.8E-11
Sacedón	2.70E-08	2.40E-08	2.20E-08	5E-11
Salmerón	1.50E-08	1.40E-08	1.20E-08	4.1E-11
San Andrés del Rey	9.90E-08	9.10E-08	8.60E-08	1.2E-10
Solanillos del Extremo	6.10E-08	5.70E-08	5.60E-08	1E-10
Sotillo (El)	2.90E-08	2.50E-08	2.40E-08	4.8E-11
Torrecuadradilla	4.90E-08	4.60E-08	4.20E-08	1.2E-10
Trillo	1.50E-08	1.50E-08	1.40E-08	3.7E-10
Valdeavellano	3.40E-08	2.90E-08	2.70E-08	3.4E-11
Valderrebollo	2.70E-08	2.40E-08	2.30E-08	3.7E-11
Valfermoso de Tajuña	5.20E-08	4.50E-08	4.10E-08	5.3E-11
Valtablado del Río	2.00E-08	1.80E-08	1.70E-08	5.5E-11
Yélamos de Abajo	8.00E-08	7.20E-08	6.70E-08	9.3E-11
Yélamos de Arriba	8.80E-08	8.00E-08	7.50E-08	1.1E-10

Tabla A15.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	30	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	8.40E-03	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002.* CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XVI: Centro de almacenamiento de El Cabril

Provincia:	Córdoba
Comienzo de la operación:	1993
Procesado anual:	2.400 m^3

El centro de almacenamiento de El Cabril se encuentra en la Sierra Albarrana, en la provincia de Córdoba, y su historia como lugar de almacenamiento de residuos se remonta a 1961, cuando la Junta de Energía Nuclear efectuó el traslado de los primeros bidones de residuos radiactivos a este emplazamiento, introduciéndolos en una antigua mina de uranio de la zona. Sin embargo, el centro de almacenamiento actual comenzó a construirse en 1990, iniciando su actividad en 1993, y sigue en período operativo.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por el Centro de Almacenamiento de Residuos Radiactivos de Media y Baja Actividad de El Cabril desde la entrada en funcionamiento de la instalación (1993) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A16.4), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (A16.1), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de El Cabril se han considerado las actividades vertidas por efluentes gaseosos de la instalación (tabla A16.5), los hábitos alimenticios de la provincia de Córdoba (CSN, 2002), y los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A16.6). No se considera exposición por efluentes líquidos al no contemplarse vertidos al medio ambiente por este tipo de vías.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo

(eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A16.7.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

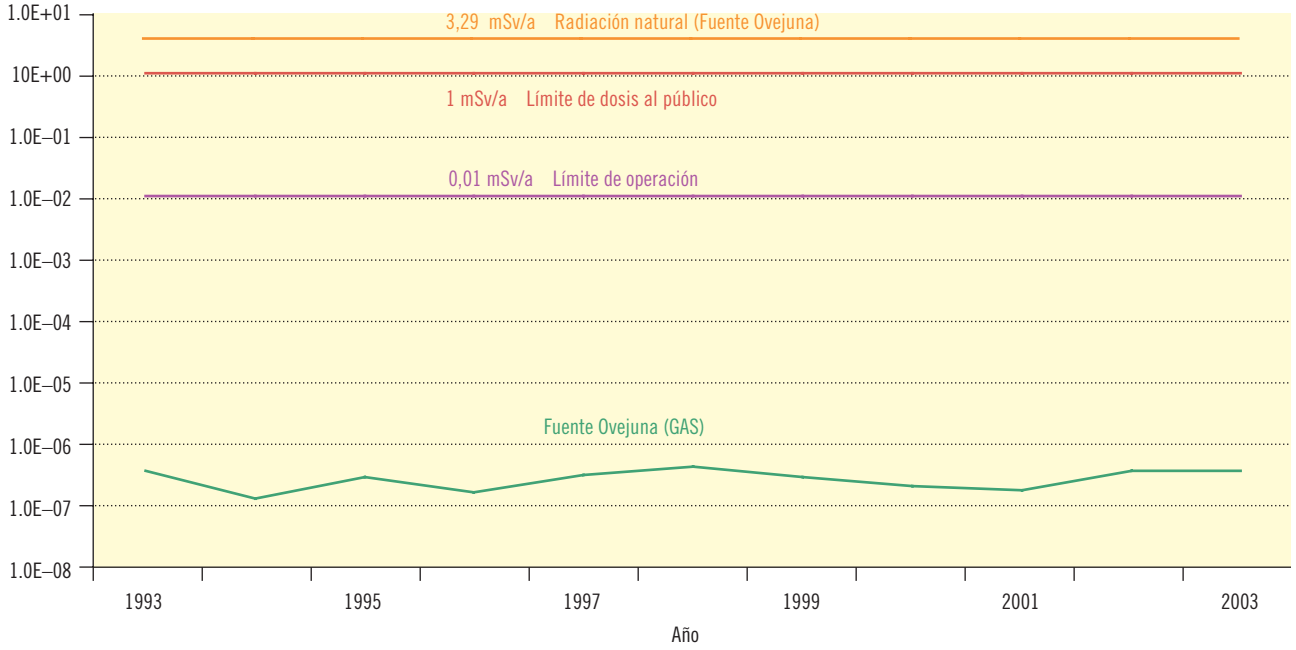
Resultados

En la figura A16.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas. En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la dosis por radiación natural en la población de Fuente Ovejuna.

En la tabla A16.1 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de El Cabril, indicándose los valores de dosis que se encuentran por encima de un umbral establecido en 1.0E-07 mSv/año.

En la figura A16.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Fuente Ovejuna en el último año del periodo de estudio (año 2003) por efluentes gaseosos. En la figura A16.3 se muestra la comparativa de dosis artificial desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada

Figura A16.1. Evolución de la dosis efectiva anual en la población más significativa (mSv/a)



uno de los municipios del entorno de 30 km para el año 2003.

En la figura A16.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A16.2 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Se observa que el municipio de mayor dosis acumulada es Fuente Ovejuna (2.97E-6 mSv) y los de menor son los cuatro municipios de la provincia de Sevilla, que se encuentran por debajo del umbral de 1.0E-7 mSv/año.

Finalmente, la figura A16.5 y la tabla A16.3 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A16.1. Dosis efectiva anual adultos (mSv/año)

Municipio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Badajoz											
Malcocinado	3.34E-07	1.12E-07	2.51E-07	1.44E-07	2.88E-07	3.99E-07	2.55E-07	1.91E-07	1.63E-07	3.33E-07	3.21E-07
Córdoba											
Bélmez	1.57E-07	<1.00E-07	1.18E-07	<1.00E-07	1.35E-07	1.87E-07	1.20E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.56E-07	1.51E-07
Fuente Ovejuna	3.55E-07	1.19E-07	2.67E-07	1.53E-07	3.06E-07	4.24E-07	2.72E-07	2.03E-07	1.73E-07	3.54E-07	3.42E-07
Peñarroya-Pueblonuevo	1.98E-07	<1.00E-07	1.49E-07	<1.00E-07	1.71E-07	2.37E-07	1.52E-07	1.13E-07	<1.00E-07	1.97E-07	1.91E-07
Villanueva del Rey	1.78E-07	<1.00E-07	1.33E-07	<1.00E-07	1.53E-07	2.12E-07	1.36E-07	1.01E-07	<1.00E-07	1.77E-07	1.71E-07
Sevilla											
Alanís	1.31E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.12E-07	1.56E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.30E-07	1.26E-07
Constantina	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Las Navas de la Concepción	1.25E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.08E-07	1.50E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.25E-07	1.21E-07
San Nicolás del Puerto	1.10E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.31E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	1.09E-07	1.05E-07

Figura A16.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos en el municipio de Fuente Ovejuna, año 2003 ***(Total: 3.42E-07 mSv)***

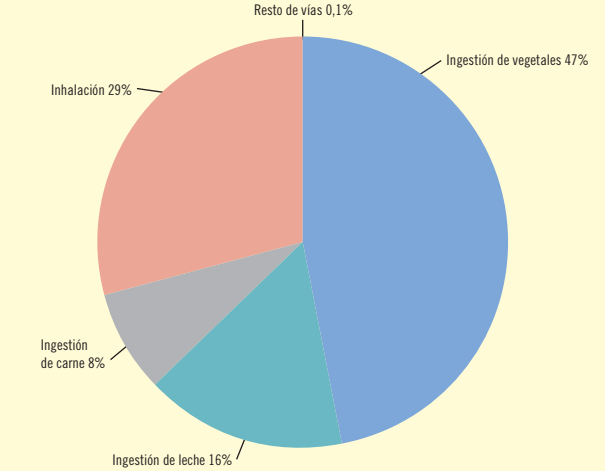


Figura A16.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003

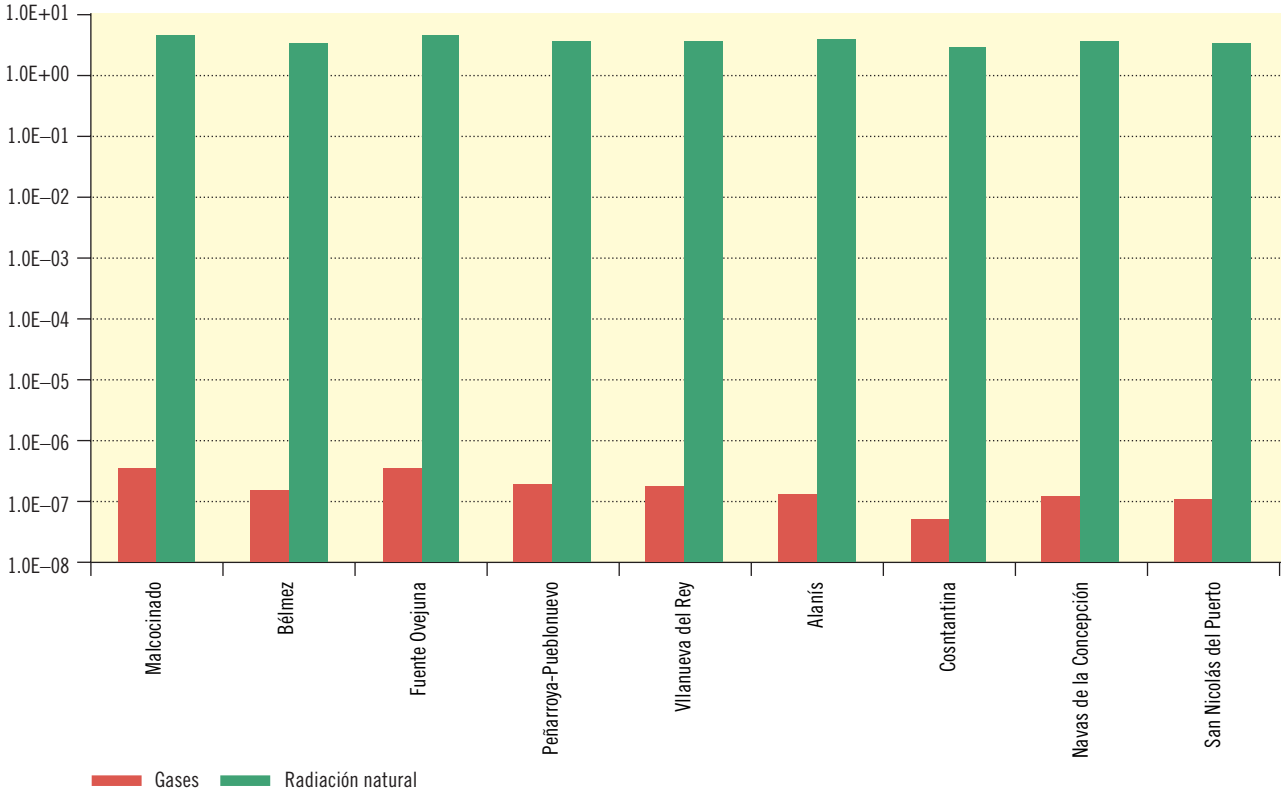


Figura A16.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuio adulto por efecto de la instalación en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1993-2003

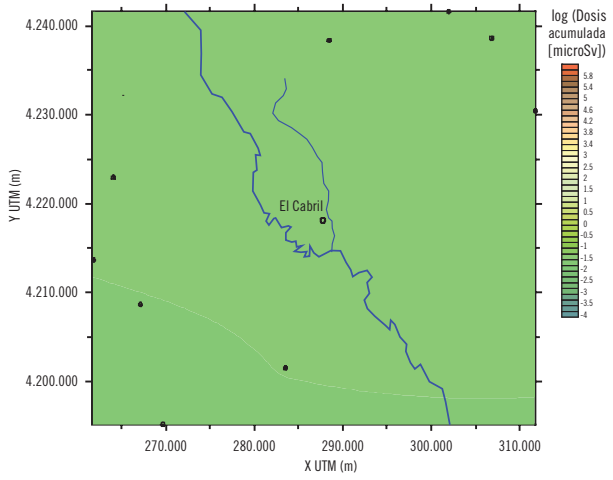


Figura A16.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1993-2003

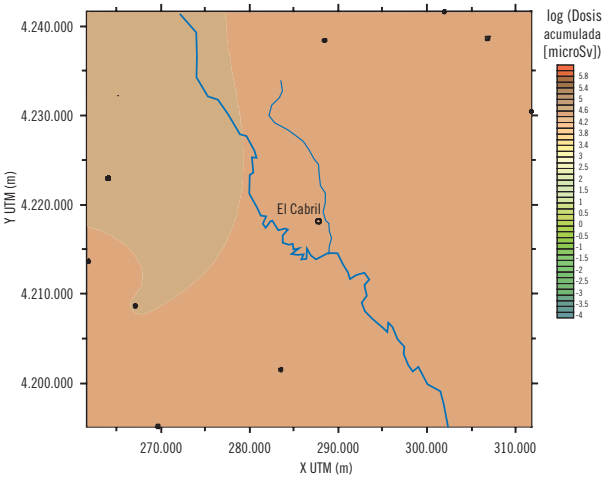


Tabla A16.2. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Badajoz	
Malcocinado	2.79E-06
Córdoba	
Bélmez	1.31E-06
Fuente Ovejuna	2.97E-06
Peñarroya-Pueblonuevo	1.66E-06
Villanueva del Rey	1.48E-06
Sevilla	
Alanís	<1.10E-06
Constantina	<1.10E-06
Las Navas de la Concepción	<1.10E-06
San Nicolás del Puerto	<1.10E-06

Tabla A16.3. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1993-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Badajoz									
Malcocinado	1,08	0,06	0,19	0,17	1,00	1,17	0,51	4,18	45,96
Córdoba									
Bélmez	1,08	0,06	0,19	0,11	0,65	0,76	0,51	3,35	36,82
Fuente Ovejuna	1,08	0,06	0,19	0,11	0,62	0,73	0,51	3,29	36,17
Peñarroya-Pueblonuevo	1,55	0,06	0,19	0,09	0,51	0,60	0,51	3,50	38,45
Villanueva del Rey	1,08	0,06	0,19	0,07	0,37	0,44	0,51	2,70	29,75
Sevilla									
Alanís	0,42	0,06	0,19	0,15	0,90	1,05	0,51	3,27	36,01
Constantina	1,08	0,06	0,19	0,10	0,58	0,69	0,51	3,20	35,25
Las Navas de la Concepción	1,08	0,06	0,19	0,12	0,67	0,79	0,51	3,40	37,42
San Nicolás del Puerto	1,08	0,06	0,19	0,13	0,78	0,91	0,51	3,65	40,15

Tabla A16.4. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
6	Badajoz	77	Malcocinado	24.473	WNW
14	Córdoba	9	Bélmez	27.949	NE
		29	Fuente Obejuna	20.421	N
		52	Peñarroya-Pueblonuevo	27.415	NNE
		71	Villanueva del Rey	26.841	ENE
41	Sevilla	2	Alanís	26.564	W
		33	Constantina	29.296	SW
		66	Las Navas de la Concepción	17.115	SSW
		88	San Nicolás del Puerto	22.902	WSW

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en la figura A16.6 y desglosadas por isótopos en la tabla A16.5. Los valores se han tomado de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) desde el año 2002 y la Revisión Periódica de la Seguridad (RPS) de la instalación para el período 1993-2001.

Figura A16.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

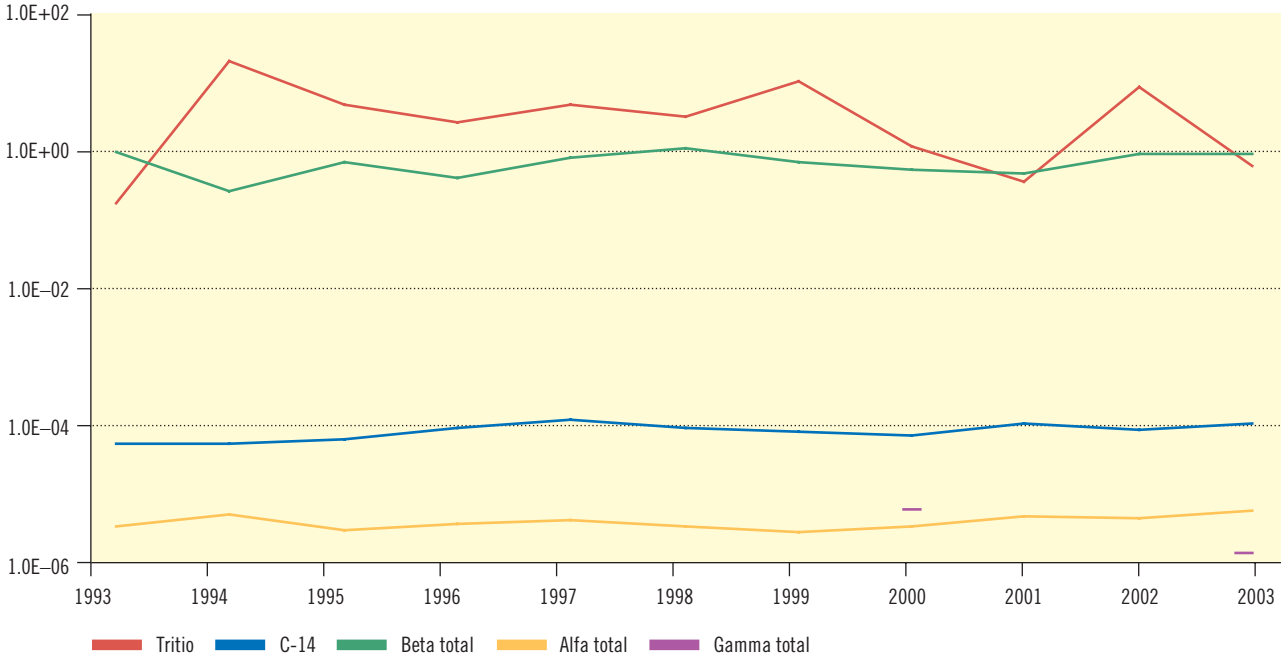


Tabla A16.5. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Am-241	3.08E+03	4.50E+03	2.80E+03	3.27E+03	3.85E+03	3.05E+03	2.62E+03	3.20E+03	4.26E+03	4.18E+03	5.24E+03
Sr-90	5.21E+04	5.11E+04	5.73E+04	9.03E+04	1.14E+05	8.62E+04	7.77E+04	6.65E+04	9.98E+04	8.21E+04	9.79E+04
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.78E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.35E+03
C-14	9.77E+08	2.67E+08	7.21E+08	4.08E+08	8.25E+08	1.16E+09	7.20E+08	5.50E+08	4.67E+08	9.49E+08	9.31E+08
H-3	1.78E+08	2.19E+10	4.90E+09	2.71E+09	5.13E+09	3.29E+09	1.12E+10	1.21E+09	3.70E+08	8.95E+09	6.38E+08

Tabla A16.6. Factores meteorológicos de dispersión y depósito atmosférico en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m³)	X/Qd (s/m³)	X/Qdd (s/m³)	D/Q (m⁻²)
Badajoz				
Malcocinado	6.400E-08	5.500E-08	3.800E-08	4.600E-11
Córdoba				
Bélmez	3.000E-08	2.600E-08	1.700E-08	1.900E-11
Fuente Ovejuna	6.800E-08	6.100E-08	4.200E-08	5.800E-11
Hornachuelos	1.600E-08	1.300E-08	9.100E-09	6.300E-12
Peñarroya-Pueblonuevo	3.800E-08	3.300E-08	2.200E-08	2.300E-11
Villanueva del Rey	3.400E-08	3.000E-08	2.000E-08	2.100E-11
Sevilla				
Alanís	2.500E-08	2.100E-08	1.500E-08	1.100E-11
Constantina	1.000E-08	8.300E-09	5.700E-09	4.100E-12
Las Navas de la Concepción	2.400E-08	2.100E-08	1.500E-08	1.100E-11
San Nicolás del Puerto	2.100E-08	1.900E-08	1.300E-08	1.100E-11

Tabla A16.7. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m²mes	0	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m²mes	0	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m³	7.8E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002.* CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XVII: Fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado

Provincia:	Salamanca
Comienzo de la operación:	1985
Procesado anual:	400 Tm

La fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado comenzó su operación en 1985, continuando en la actualidad en período de explotación comercial.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado desde su entrada en funcionamiento (1985) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la fábrica en un radio de 30 km (tabla A17.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A17.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de Juzbado se han considerado las actividades vertidas por efluentes gaseosos de la instalación (tablas A17.6 y A17.7), los hábitos alimenticios de la provincia de Salamanca (CSN, 2002), y los datos meteorológicos del emplazamiento (tabla A17.8). Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el caudal del río Tormes y la llegada al embalse de Almendra de los radionucleidos descargados por la instalación.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención

y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A17.9.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se ha caracterizado en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua en el río Tormes o en el reculaje del embalse de Almendra. Se consideran las siguientes vías de exposición:

- En los municipios en los que el río o embalse es fronterizo o atraviesa el término municipal correspondiente se consideran como vías de exposición la directa a las orillas, la pesca fluvial y el agua de bebida para el ganado.
- En los municipios ribereños al embalse de Almendra se ha calculado, además, la dilución de los radioisótopos mediante un modelo de embalse.
- Además, se ha considerado el uso de agua para riego en Ledesma y Juzbado y el consumo de agua de bebida en Ledesma.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A17.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

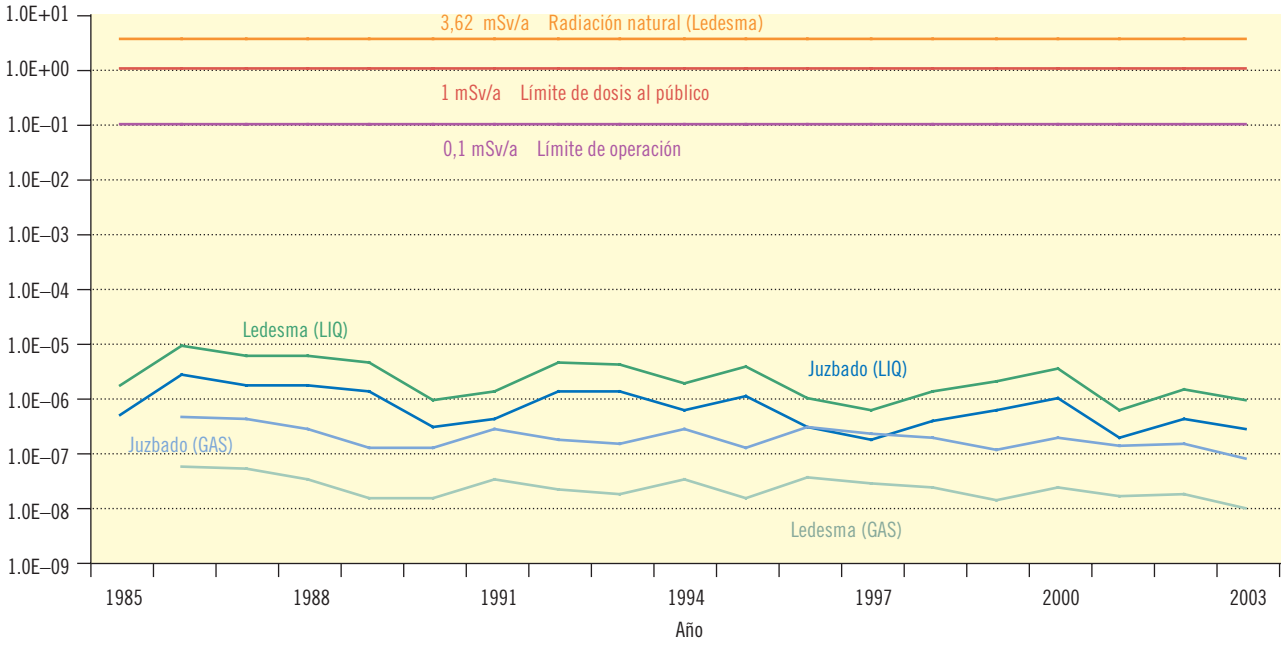
	Vías de exposición							
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río	Vegetales	Leche vaca	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Ledesma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Juzbado	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vega de Tirados, Villarmayor	✓	—	✓	—	✓ (1)	✓ (1)	✓ (1)	✓ (1)
Villaseca de los Reyes, El Cubo de Tierra del Vino, Roelos de Sayago	✓ (2)	—	✓ (2)	—	✓ (1,2)	✓ (1,2)	✓ (1,2)	✓ (1,2)
Resto poblaciones	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) Se considera que los productos animales pueden encontrarse contaminados solamente por el abrevo de las reses, no por el consumo de pastos.
(2) Se simula acumulación, depósito y evacuación por alivios de los radioisótopos en el embalse de la Almendra.

Resultados

En la figura A17.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Ledesma, Juzbado). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el "Reglamento de Protección Sanitaria Contra Radiaciones Ionizantes" y las dosis por radiación natural en la población de Ledesma.

Figura A17.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A17.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del período de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de Juzbado, indicándose los valores de dosis que se encuentran por encima de un umbral establecido en 1.0E-07 mSv/año. Se observa que solamente las poblaciones de Juzbado y Ledesma presentan un impacto por encima de dicho umbral, con la excepción de algunos municipios durante los años 1986, 1987 y 1988.

En la figura A17.2 se muestra la dosis efectiva anual en la localidad de Ledesma en el último año del periodo de estudio (año 2003) por efluentes líquidos y gaseosos. En la figura A17.3 se muestra la comparativa de dosis artificial desglosada por efluentes líquidos y gaseosos y en comparación con la radiación natural para cada uno de los municipios del entorno de 30 km para el año 2003.

En la figura A17.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos.

En la tabla A17.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Solamente Juzbado y Ledesma presentan valores por encima del umbral considerado.

Finalmente, la figura A17.5 y la tabla A17.4 muestran, respectivamente, la distribución espacial de la dosis acumulada durante el período de estudio por causa de la radiación natural y la contribución anual de las distintas componentes consideradas de la misma, junto con el total anual y el valor acumulado por municipio del entorno de 30 km.

Tabla A17.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1985 a 1995

Municipio	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Salamanca											
Aldearrodrigo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Aldeatejada	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Almenara de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Añover de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Arapiles	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Arcediano	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Arco	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Barbadillo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Cabrerizos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Calzada de Don Diego	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Calzada de Valdunciel	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Canillas de Abajo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carbajosa de la Sal	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carrascal de Barregas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Castellanos de Moriscos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Castellanos de Villiquera	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Doñinos de Ledesma	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Doñinos de Salamanca	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Encina de San Silvestre	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Florida de Liébana	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Forfoleda	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Galindo y Perahuy	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Garcirrey	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Gejuelo del Barro	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Golpejas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Juzbado	5.30E-07	3.41E-06	2.31E-06	2.08E-06	1.54E-06	4.41E-07	7.28E-07	1.59E-06	1.51E-06	9.27E-07	1.32E-06
Ledesma	1.75E-06	9.66E-06	6.26E-06	5.94E-06	4.66E-06	1.03E-06	1.47E-06	4.64E-06	4.50E-06	2.10E-06	3.94E-06
La Mata de Ledesma	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Matilla de los Caños	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Miranda de Azán	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Monterrubio de Armuña	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Moriscos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Negrilla de Palencia	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Palacios del Arzobispo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Palencia de Negrilla	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Parada de Arriba	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Pedrosillo el Ralo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Pino de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Robliza	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Rollán	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Cristóbal de la Cuesta	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Pedro del Valle	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Pelayo de Guareña	<1.00E-07	1.35E-07	1.16E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Sando	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07

Tabla A17.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1985 a 1995 (continuación)

Municipio	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Santa María de Sando	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Santa Marta de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Santiz	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tabera de Abajo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tardáguila	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Topas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Torresmenudas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tremedal de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valdelosa	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valdunciel	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valverdón	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Vega de Tirados	<1.00E-07	1.67E-07	1.12E-07	1.02E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
La Velles	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villamayor	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villar de Peralonso	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villares de la Reina	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villarmayor	<1.00E-07	1.71E-07	1.16E-07	1.05E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villasdardo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villaseco de los Gamitos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villaseco de los Reyes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zamayón	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zarapicos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zamora											
Alfaraz de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Almeida de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Cabañas de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carbellino	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Cubo de Tierra del Vino	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Fresno de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Mayalde	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Moraleja de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Peñausende	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Roelos de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07

Tabla A17.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1996 a 2003

Municipio	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Salamanca								
Aldearrodrigo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Aldeatejada	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Almenara de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Añover de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Arapiles	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Arcediano	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Arco	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Barbadillo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Cabrerizos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Calzada de Don Diego	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Calzada de Valdunciel	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Canillas de Abajo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carbajosa de la Sal	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carrascal de Barregas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Castellanos de Moriscos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Castellanos de Villiquera	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Doñinos de Ledesma	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Doñinos de Salamanca	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Encina de San Silvestre	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Florida de Liébana	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Forfoleda	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Galindo y Perahuy	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Garcirrey	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Gejuelo del Barro	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Golpejas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Juzbado	6.25E-07	4.44E-07	6.11E-07	7.53E-07	1.28E-06	3.42E-07	6.05E-07	3.82E-07
Ledesma	1.09E-06	6.59E-07	1.38E-06	2.08E-06	3.60E-06	6.74E-07	1.48E-06	9.99E-07
La Mata de Ledesma	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Matilla de los Caños	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Miranda de Azán	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Monterrubio de Armuña	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Moriscos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Negrilla de Palencia	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Palacios del Arzobispo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Palencia de Negrilla	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Parada de Arriba	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Pedrosillo el Ralo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Pino de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Robliza	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Rollán	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Cristóbal de la Cuesta	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Pedro del Valle	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
San Pelayo de Guareña	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07

Tabla A17.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1996 a 2003 (continuación)

Municipio	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Sando	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Santa María de Sando	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Santa Marta de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Santiz	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tabera de Abajo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tardáguila	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Topas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Torresmenudas	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Tremedal de Tormes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valdelosa	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valdunciel	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Valverdón	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Vega de Tirados	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
La Velles	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villamayor	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villar de Peralonso	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villares de la Reina	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villarmayor	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villasdardo	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villaseco de los Gamitos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Villaseco de los Reyes	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zamayón	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zarapicos	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Zamora								
Alfaraz de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Almeida de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Cabañas de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Carbellino	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
El Cubo de Tierra del Vino	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Fresno de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Mayalde	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Moraleja de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Peñausende	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07
Roelos de Sayago	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07	<1.00E-07

Figura A17.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos *(Total: 9.89E-07 mSv/año)* en el municipio de Ledesma, año 2003

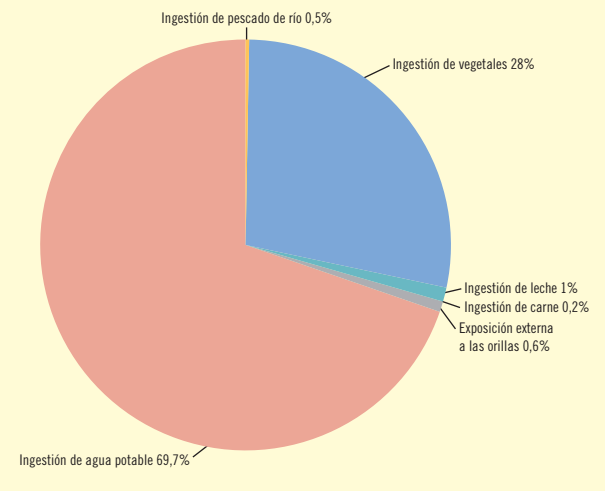


Figura A17.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos *(Total: 1.01E-08 mSv/año)* en el municipio de Ledesma, año 2003

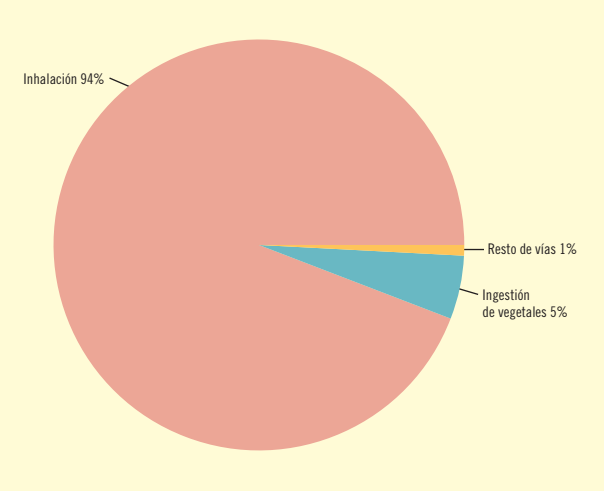
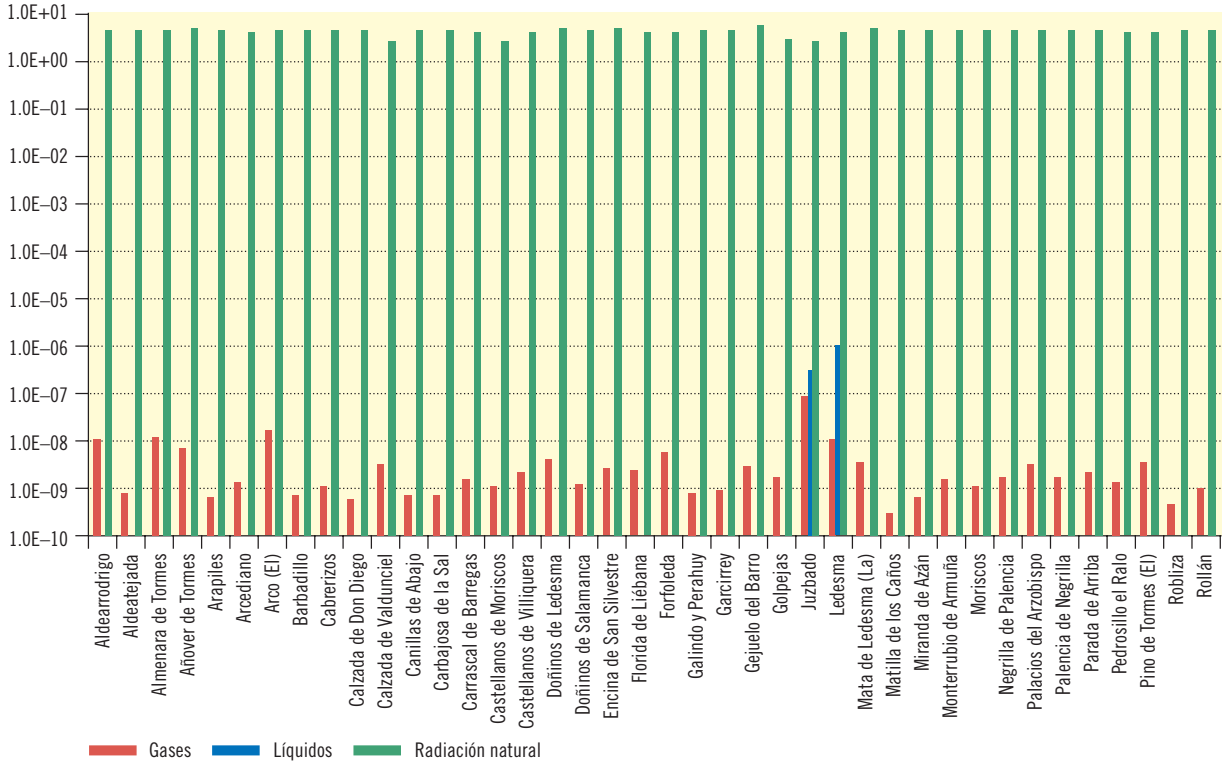


Figura A17.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) al individuo adulto en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003



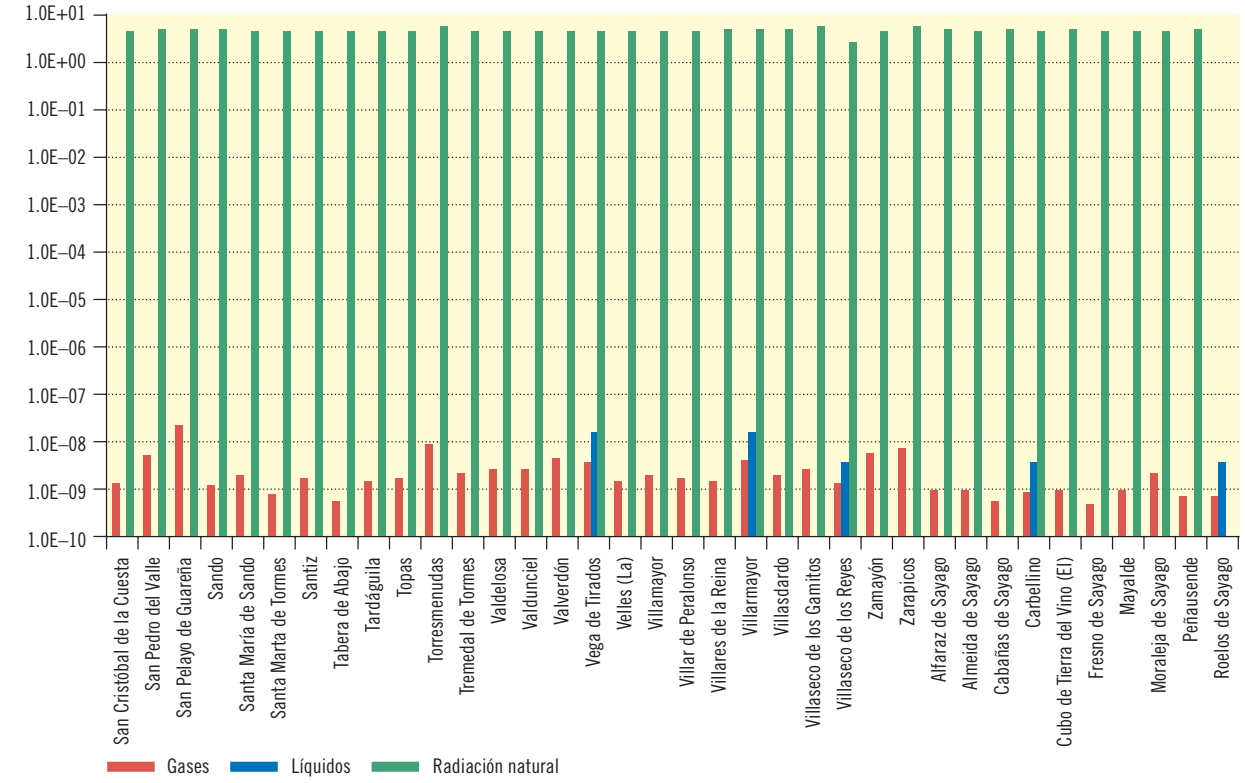


Figura A17.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la instalación en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1985-2003

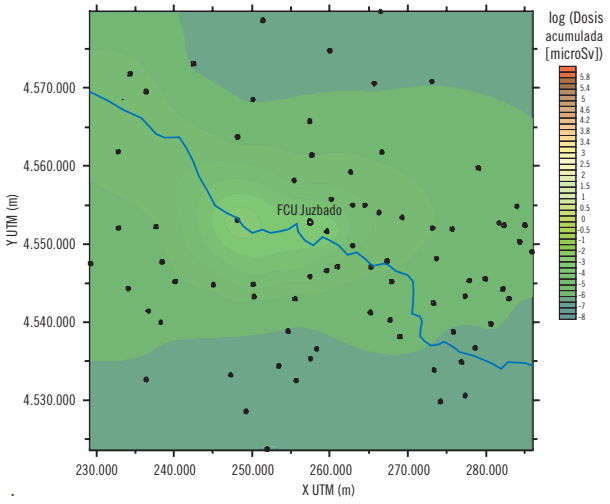


Figura A17.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1985-2003

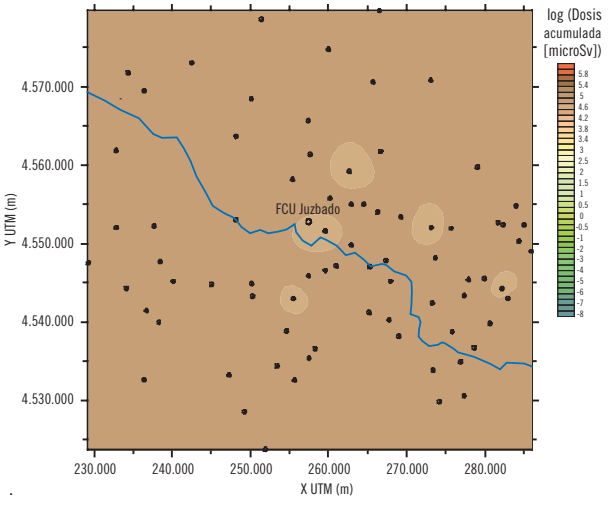


Tabla A17.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Salamanca	
Aldearrodrigo	<1.90E-06
Aldeatejada	<1.90E-06
Almenara de Tormes	<1.90E-06
Añover de Tormes	<1.90E-06
Arapiles	<1.90E-06
Arcediano	<1.90E-06
El Arco	<1.90E-06
Barbadillo	<1.90E-06
Cabrerizos	<1.90E-06
Calzada de Don Diego	<1.90E-06
Calzada de Valdunciel	<1.90E-06
Canillas de Abajo	<1.90E-06
Carbajosa de la Sal	<1.90E-06
Carrascal de Barregas	<1.90E-06
Castellanos de Moriscos	<1.90E-06
Castellanos de Villiquera	<1.90E-06
Doñinos de Ledesma	<1.90E-06
Doñinos de Salamanca	<1.90E-06
Encina de San Silvestre	<1.90E-06
Florida de Liébana	<1.90E-06
Forfoleda	<1.90E-06
Galindo y Perahuy	<1.90E-06
Garcirrey	<1.90E-06
Gejuelo del Barro	<1.90E-06
Golpejas	<1.90E-06
Juzbado	2.14E-05
Ledesma	5.79E-05
La Mata de Ledesma	<1.90E-06
Matilla de los Caños	<1.90E-06
Miranda de Azán	<1.90E-06
Monterrubio de Armuña	<1.90E-06
Moriscos	<1.90E-06
Negrilla de Palencia	<1.90E-06
Palacios del Arzobispo	<1.90E-06
Palencia de Negrilla	<1.90E-06
Parada de Arriba	<1.90E-06
Pedrosillo el Ralo	<1.90E-06
El Pino de Tormes	<1.90E-06

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Robliza	<1.90E-06
Rollán	<1.90E-06
San Cristóbal de la Cuesta	<1.90E-06
San Pedro del Valle	<1.90E-06
San Pelayo de Guareña	<1.90E-06
Sando	<1.90E-06
Santa María de Sando	<1.90E-06
Santa Marta de Tormes	<1.90E-06
Santiz	<1.90E-06
Tabera de Abajo	<1.90E-06
Tardáguila	<1.90E-06
Topas	<1.90E-06
Torresmenudas	<1.90E-06
Tremedal de Tormes	<1.90E-06
Valdelosa	<1.90E-06
Valdunciel	<1.90E-06
Valverdón	<1.90E-06
Vega de Tirados	<1.90E-06
La Velles	<1.90E-06
Villamayor	<1.90E-06
Villar de Peralonso	<1.90E-06
Villares de la Reina	<1.90E-06
Villarmayor	<1.90E-06
Villasdardo	<1.90E-06
Villaseco de los Gamitos	<1.90E-06
Villaseco de los Reyes	<1.90E-06
Zamayón	<1.90E-06
Zarapicos	<1.90E-06
Zamora	
Alfaraz de Sayago	<1.90E-06
Almeida de Sayago	<1.90E-06
Cabañas de Sayago	<1.90E-06
Carbellino	<1.90E-06
El Cubo de Tierra del Vino	<1.90E-06
Fresno de Sayago	<1.90E-06
Mayalde	<1.90E-06
Moraleja de Sayago	<1.90E-06
Peñausende	<1.90E-06
Roelos de Sayago	<1.90E-06

Tabla A17.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1985-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Salamanca									
Aldearrodrigo	2,41	0,05	0,26	0,10	0,54	0,39	0,33	4,08	77,52
Aldeatejada	2,41	0,05	0,26	0,10	0,56	0,39	0,33	4,10	77,99
Almenara de Tormes	2,41	0,05	0,26	0,10	0,56	0,39	0,33	4,10	77,99
Añover de Tormes	2,41	0,05	0,26	0,16	0,92	0,40	0,33	4,52	85,94
Arapiles	2,41	0,05	0,26	0,09	0,51	0,40	0,33	4,06	77,08
Arcediano	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,40	0,33	3,98	75,70
El Arco	2,41	0,05	0,26	0,11	0,64	0,39	0,33	4,19	79,67
Barbadillo	2,41	0,05	0,26	0,10	0,55	0,40	0,33	4,10	77,88
Cabrerizos	2,41	0,05	0,26	0,10	0,56	0,40	0,33	4,11	78,02
Calzada de Don Diego	2,41	0,05	0,26	0,09	0,52	0,40	0,33	4,06	77,23
Calzada de Valdunciel	1,03	0,05	0,26	0,07	0,41	0,40	0,33	2,54	48,32
Canillas de Abajo	2,41	0,05	0,26	0,09	0,51	0,40	0,33	4,05	77,01
Carbajosa de la Sagrada	2,41	0,05	0,26	0,10	0,59	0,39	0,33	4,13	78,52
Carrascal de Barregas	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,39	0,33	3,98	75,55
Castellanos de Moriscos	0,87	0,05	0,26	0,09	0,50	0,40	0,33	2,50	47,50
Castellanos de Villiquera	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,40	0,33	3,98	75,61
Doñinos de Ledesma	2,41	0,05	0,26	0,16	0,94	0,40	0,33	4,55	86,52
Doñinos de Salamanca	2,41	0,05	0,26	0,09	0,49	0,40	0,33	4,02	76,47
Encina de San Silvestre	2,41	0,05	0,26	0,18	1,07	0,40	0,33	4,70	89,24
Florida de Liébana	2,41	0,05	0,26	0,07	0,39	0,39	0,33	3,91	74,20
Forfoleda	2,41	0,05	0,26	0,06	0,35	0,39	0,33	3,86	73,43
Galindo y Perahuy	2,41	0,05	0,26	0,10	0,55	0,39	0,33	4,10	77,83
Garcirrey	2,41	0,05	0,26	0,13	0,74	0,40	0,33	4,32	82,00
Gejuelo del Barro	2,41	0,05	0,26	0,22	1,29	0,40	0,33	4,95	94,11
Golpejas	0,92	0,05	0,26	0,11	0,65	0,39	0,33	2,72	51,68
Juzbado	0,42	0,05	0,26	0,13	0,75	0,39	0,33	2,33	44,29
Ledesma	1,16	0,05	0,26	0,21	1,22	0,39	0,33	3,62	68,74
La Mata de Ledesma	2,41	0,05	0,26	0,15	0,85	0,40	0,33	4,45	84,49
Matilla de los Caños del Río	2,41	0,05	0,26	0,08	0,48	0,40	0,33	4,01	76,28
Miranda de Azán	2,41	0,05	0,26	0,09	0,53	0,40	0,33	4,07	77,39
Monterrubio de Armuña	2,41	0,05	0,26	0,09	0,54	0,39	0,33	4,07	77,40
Moriscos	2,41	0,05	0,26	0,09	0,50	0,40	0,33	4,05	76,92
Negrilla de Palencia	2,41	0,05	0,26	0,08	0,46	0,40	0,33	3,99	75,79
Palacios del Arzobispo	2,41	0,05	0,26	0,13	0,73	0,40	0,33	4,31	81,93
Palencia de Negrilla	2,41	0,05	0,26	0,08	0,46	0,40	0,33	3,99	75,78
Parada de Arriba	2,41	0,05	0,26	0,08	0,47	0,40	0,33	4,01	76,16
Pedrosillo el Ralo	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,40	0,33	3,98	75,56
El Pino de Tormes	2,41	0,05	0,26	0,08	0,46	0,39	0,33	3,98	75,56
Robliza	2,41	0,05	0,26	0,08	0,48	0,40	0,33	4,01	76,17
Rollán	2,41	0,05	0,26	0,11	0,61	0,40	0,33	4,16	79,05
San Cristóbal de la Cuesta	2,41	0,05	0,26	0,09	0,52	0,40	0,33	4,06	77,18
San Pedro del Valle	2,41	0,05	0,26	0,11	0,61	0,39	0,33	4,16	78,97

Tabla A17.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1985-2003 (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
San Pelayo de Guareña	2,41	0,05	0,26	0,14	0,80	0,40	0,33	4,38	83,31
Sando	2,41	0,05	0,26	0,15	0,90	0,40	0,33	4,51	85,68
Santa María de Sando	2,41	0,05	0,26	0,17	0,96	0,40	0,33	4,58	87,01
Santa Marta de Tormes	2,41	0,05	0,26	0,10	0,59	0,39	0,33	4,13	78,51
Santiz	2,41	0,05	0,26	0,10	0,57	0,41	0,33	4,13	78,51
Tabera de Abajo	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,40	0,33	3,98	75,65
Tardáguila	2,41	0,05	0,26	0,08	0,45	0,40	0,33	3,98	75,66
Topas	2,41	0,05	0,26	0,08	0,44	0,40	0,33	3,97	75,37
Torresmenudas	2,41	0,05	0,26	0,08	0,43	0,39	0,33	3,95	75,03
Tremedal de Tormes	2,41	0,05	0,26	0,22	1,27	0,39	0,33	4,93	93,64
Valdelosa	2,41	0,05	0,26	0,08	0,44	0,40	0,33	3,97	75,50
Valdunciel	2,41	0,05	0,26	0,08	0,44	0,40	0,33	3,96	75,30
Valverdón	2,41	0,05	0,26	0,07	0,39	0,39	0,33	3,90	74,14
Vega de Tirados	2,41	0,05	0,26	0,11	0,64	0,39	0,33	4,19	79,66
La Velles	2,41	0,05	0,26	0,08	0,46	0,40	0,33	3,99	75,74
Villamayor	2,41	0,05	0,26	0,09	0,49	0,39	0,33	4,02	76,46
Villar de Peralonso	1,68	0,05	0,26	0,19	1,10	0,40	0,33	4,01	76,19
Villares de la Reina	2,41	0,05	0,26	0,10	0,54	0,40	0,33	4,09	77,66
Villarmayor	2,41	0,05	0,26	0,16	0,92	0,40	0,33	4,53	86,07
Villasdardo	2,41	0,05	0,26	0,18	1,03	0,40	0,33	4,66	88,46
Villaseco de los Gamitos	2,41	0,05	0,26	0,20	1,14	0,40	0,33	4,79	91,06
Villaseco de los Reyes	2,41	0,05	0,26	0,21	1,24	0,39	0,33	4,90	93,02
Zamayón	0,53	0,05	0,26	0,10	0,60	0,40	0,33	2,28	43,24
Zarapicos	2,41	0,05	0,26	0,10	0,58	0,39	0,33	4,13	78,41
Zamora									
Alfaraz de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,22	1,30	0,40	0,33	4,97	94,47
Almeida de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,18	1,08	0,39	0,33	4,70	89,30
Cabañas de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,12	0,66	0,38	0,33	4,21	80,08
Carbellino	2,41	0,05	0,26	0,17	0,96	0,39	0,33	4,57	86,79
El Cubo de Tierra del Vino	2,41	0,05	0,26	0,09	0,50	0,40	0,33	4,04	76,75
Fresno de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,20	1,19	0,40	0,33	4,84	91,98
Mayalde	2,41	0,05	0,26	0,09	0,51	0,41	0,33	4,07	77,28
Moraleja de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,13	0,75	0,40	0,33	4,33	82,20
Peñausende	2,41	0,05	0,26	0,12	0,71	0,41	0,33	4,30	81,61
Roelos de Sayago	2,41	0,05	0,26	0,16	0,96	0,39	0,33	4,56	86,66

Tabla A17.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
37	Salamanca	19	Aldearrodrigo	7.684	ENE
		23	Aldeatejada	24.859	SE
		27	Almenara de Tormes	6.455	ESE
		30	Añover de Tormes	5.746	NNW
		32	Arapiles	29.934	SE
		33	Arcediano	27.871	E
		34	El Arco	6.212	ENE
		40	Barbadillo	17.347	S
		67	Cabrerizos	26.814	ESE
		72	Calzada de Don Diego	20.196	S
		73	Calzada de Valdunciel	15.997	E
		79	Canillas de Abajo	18.683	SSW
		85	Carbajosa de la Sagrada	26.586	SE
		87	Carrascal de Barregas	16.327	SE
		92	Castellanos de Moriscos	26.434	ESE
		93	Castellanos de Villiquera	17.120	ESE
		116	Doñinos de Ledesma	14.487	WSW
		117	Doñinos de Salamanca	18.738	SE
		120	Encina de San Silvestre	18.595	WSW
		129	Florida de Liébana	13.115	SE
		130	Forfoleda	12.132	E
		142	Galindo y Perahuy	16.157	S
		149	Garcirrey	28.856	SW
		150	Gejuelo del Barro	19.469	W
		151	Golpejas	9.851	S
		167	Juzbado	2.692	ESE
		170	Ledesma	9.034	W
		186	La Mata de Ledesma	11.698	SW
		187	Matilla de los Caños del Rio	29.446	S
		192	Miranda de Azán	28.506	SE
		202	Monterrubio de Armuña	22022	ESE
		207	Moriscos	27.563	ESE
		222	Negrilla de Palencia	25.192	E
		226	Palacios del Arzobispo	8.688	N
		229	Palencia de Negrilla	24.548	E
		230	Parada de Arriba	14.026	SE
		238	Pedrosillo el Ralo	29.027	E
		253	El Pino de Tormes	9.876	SE
		270	Robliza	25.409	SSW
		271	Rollán	14.093	S
		278	San Cristóbal de la Cuesta	23.899	ESE
		290	San Pedro del Valle	6.581	SSE
		292	San Pelayo de Guareña	4.294	NE
		283	Sando	22.790	SW

Tabla A17.5. Municipios del entorno de 30 km (continuación)

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
		293	Santa María de Sando	23.331	WSW
		294	Santa Marta de Tormes	26.793	SE
		299	Santiz	12.974	N
		314	Tabera de Abajo	21.817	SSW
		318	Tardáguila	26.922	E
		323	Topas	23.013	ENE
		327	Torresmenudas	9.215	E
		329	Tremedal de Tormes	24.292	W
		335	Valdelosa	13.123	NE
		338	Valdunciel	18.527	E
		342	Valverdón	11.287	ESE
		345	Vega de Tirados	6.826	S
		347	La Velles	27.298	E
		354	Villamayor	19.122	ESE
		360	Villar de Peralonso	28.360	W
		362	Villares de la Reina	22.245	ESE
		365	Villarmayor	10.491	SW
		368	Villasdardo	24.507	WSW
		369	Villaseco de los Gamitos	19.359	WSW
		370	Villaseco de los Reyes	26.003	WNW
		379	Zamayón	8.538	NE
		380	Zarapicos	6.743	SE
49	Zamora	5	Alfaraz de Sayago	17.301	NNW
		8	Almeida de Sayago	25.110	NW
		31	Cabañas de Sayago	28.594	NNE
		37	Carbellino	26.679	NW
		58	El Cubo de Tierra del Vino	24.140	NE
		77	Fresno de Sayago	26.530	NNW
		115	Mayalde	19.834	NNE
		126	Moraleja de Sayago	14.218	NW
		149	Peñausende	22.231	N
		180	Roelos de Sayago	29.734	NW

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A17.6 y A17.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A17.6 y A17.7. Los valores proceden de la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del CSN (Base ELGA) y de los Informes Mensuales de Explotación (IMEX), contrastados con la Revisión Periódica de la Seguridad, revisión 1, de la fábrica de uranio de Juzbado, de marzo 2007.

Además, se considerará el Th-234 como isótopo emitido en líquidos y gases en equilibrio secular con el U-238. También se encuentra en equilibrio secular el Pa-234 m quien decae a U-234 en 1,7 minutos rápidamente (en el 0,16% de las desintegraciones, decae a Pa-234 (6,7 horas) y de éste a U-234). Sería, por tanto, necesario incluir al Pa-234 m en la cadena del U-238. Por aparecer también el Pa-234, habría que introducir también a este último, al disponer para él de los FCDs en las referencias habituales (FGR-13, IAEA), sin embargo, sólo contribuye con un pobre 0,16% de las desintegraciones. El Pa-234 m se tendrá en cuenta en la dosis por exposición a los depósitos sobre el suelo y orillas. En la aproximación definitiva adoptada, se supondrá que estos isótopos están en equilibrio secular con el U-238 y, por tanto, tienen la misma actividad que éste, por lo que se simularán como si fueran un U-238 con un FCD que sea la suma de los de los isótopos de esta subcadena.

Figura A17.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

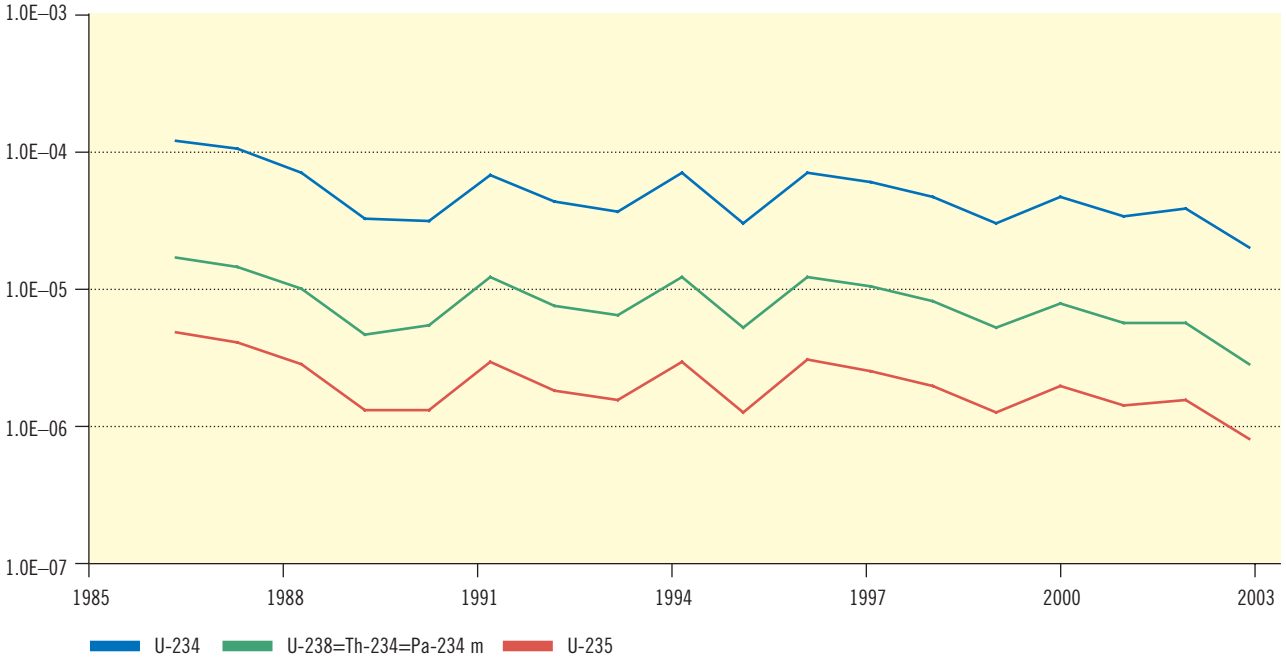


Figura A17.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

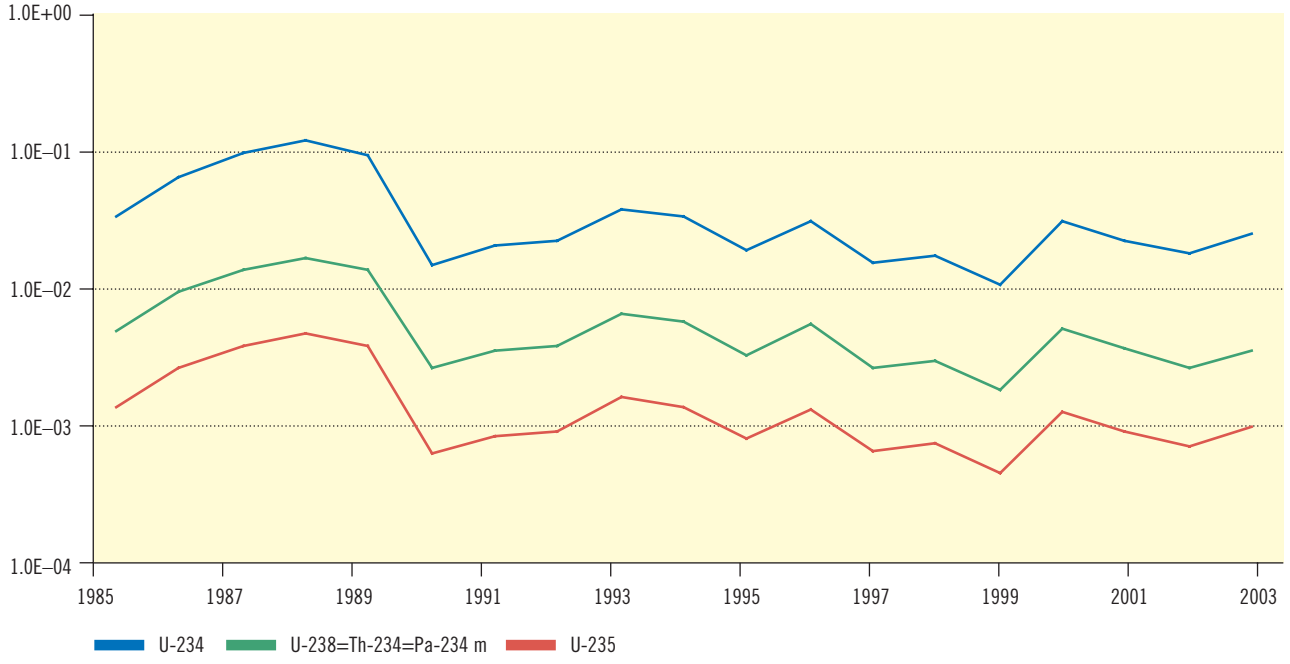


Tabla A17.6. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
U-238(*)	0.00E+00	1.69E+04	1.44E+04	9.86E+03	4.56E+03	5.30E+03	1.18E+04	7.42E+03	6.13E+03	1.20E+04
U-235	0.00E+00	4.72E+03	4.02E+03	2.75E+03	1.27E+03	1.27E+03	2.82E+03	1.78E+03	1.47E+03	2.89E+03
U-234	0.00E+00	1.21E+05	1.04E+05	7.07E+04	3.27E+04	3.08E+04	6.84E+04	4.32E+04	3.57E+04	7.02E+04

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
U-238(*)	5.13E+03	1.22E+04	1.01E+04	8.00E+03	5.05E+03	7.60E+03	5.51E+03	5.45E+03	2.78E+03
U-235	1.23E+03	2.93E+03	2.42E+03	1.92E+03	1.21E+03	1.88E+03	1.36E+03	1.50E+03	7.64E+02
U-234	2.98E+04	7.10E+04	5.88E+04	4.66E+04	2.94E+04	4.60E+04	3.33E+04	3.84E+04	1.96E+04

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A17.7. Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
U-238	4.58E+06	8.94E+06	1.30E+07	1.62E+07	1.29E+07	2.48E+06	3.34E+06	3.64E+06	6.33E+06	5.51E+06
U-235	1.28E+06	2.49E+06	3.63E+06	4.52E+06	3.59E+06	5.95E+05	8.03E+05	8.74E+05	1.52E+06	1.32E+06
U-234	3.28E+07	6.41E+07	9.33E+07	1.16E+08	9.25E+07	1.44E+07	1.95E+07	2.12E+07	3.69E+07	3.21E+07

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
U-238	3.13E+06	5.17E+06	2.55E+06	2.87E+06	1.76E+06	4.85E+06	3.49E+06	2.48E+06	3.40E+06
U-235	7.52E+05	1.24E+06	6.12E+05	6.90E+05	4.22E+05	1.20E+06	8.63E+05	6.82E+05	9.36E+05
U-234	1.82E+07	3.01E+07	1.48E+07	1.67E+07	1.02E+07	2.94E+07	2.11E+07	1.74E+07	2.40E+07

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A17.8. Factores meteorológicos de dispersión y depósito atmosférico en las poblaciones del entorno de 30 km

Municipio	X/Q (s/m^3)	X/Qd (s/m^3)	X/Qdd (s/m^3)	D/Q (m^{-2})
Salamanca				
Aldearrodrigo	2.31E-07	2.16E-07	1.70E-07	5.30E-10
Aldeatejada	2.32E-08	1.95E-08	1.36E-08	2.10E-11
Almenara de Tormes	2.74E-07	2.62E-07	2.08E-07	5.90E-10
Añover de Tormes	1.53E-07	1.47E-07	1.18E-07	1.78E-10
Arapiles	1.82E-08	1.48E-08	1.02E-08	1.52E-11
Arcediano	3.97E-08	3.27E-08	2.26E-08	6.25E-11
El Arco	3.42E-07	3.24E-07	2.60E-07	8.47E-10
Barbadillo	1.83E-08	1.60E-08	1.17E-08	1.64E-11
Cabrerizos	3.09E-08	2.58E-08	1.78E-08	4.12E-11
Calzada de Don Diego	1.50E-08	1.28E-08	9.21E-09	1.27E-11
Calzada de Valdunciel	8.38E-08	7.48E-08	5.45E-08	1.60E-10
Canillas de Abajo	1.85E-08	1.58E-08	1.16E-08	2.60E-11
Carbajosa de la Sagrada	2.12E-08	1.77E-08	1.23E-08	1.87E-11
Carrascal de Barregas	4.05E-08	3.61E-08	2.63E-08	4.27E-11
Castellanos de Moriscos	3.15E-08	2.63E-08	1.83E-08	4.22E-11
Castellanos de Villiquera	5.64E-08	5.01E-08	3.62E-08	8.83E-11
Doñinos de Ledesma	9.90E-08	9.02E-08	6.60E-08	1.78E-10
Doñinos de Salamanca	3.37E-08	2.96E-08	2.12E-08	3.40E-11
Encina de San Silvestre	6.97E-08	6.18E-08	4.41E-08	1.17E-10
Florida de Liébana	5.58E-08	5.09E-08	3.78E-08	6.26E-11
Forfoleda	1.27E-07	1.17E-07	8.73E-08	2.60E-10
Galindo y Perahuy	2.01E-08	1.77E-08	1.30E-08	1.85E-11
Garcirrey	2.48E-08	1.93E-08	1.38E-08	2.80E-11
Gejuelo del Barro	7.57E-08	6.84E-08	4.77E-08	1.12E-10
Golpejas	4.20E-08	3.89E-08	2.98E-08	4.47E-11
Juzbado	1.65E-06	1.62E-06	1.38E-06	4.55E-09
Ledesma	2.38E-07	2.27E-07	1.72E-07	4.44E-10
La Mata de Ledesma	8.58E-08	7.75E-08	5.91E-08	1.31E-10
Matilla de los Caños del Rio	9.13E-09	7.28E-09	5.09E-09	6.65E-12
Miranda de Azán	1.94E-08	1.59E-08	1.10E-08	1.66E-11
Monterrubio de Armuña	4.01E-08	3.45E-08	2.43E-08	5.78E-11
Moriscos	2.98E-08	2.47E-08	1.71E-08	3.93E-11
Negrilla de Palencia	4.54E-08	3.80E-08	2.66E-08	7.45E-11
Palacios del Arzobispo	7.60E-08	7.10E-08	5.50E-08	1.01E-10
Palencia de Negrilla	4.70E-08	3.95E-08	2.77E-08	7.79E-11
Parada de Arriba	5.05E-08	4.58E-08	3.38E-08	5.57E-11
Pedrosillo el Ralo	3.77E-08	3.07E-08	2.12E-08	5.82E-11
El Pino de Tormes	8.56E-08	7.99E-08	6.08E-08	1.05E-10
Robliza	1.23E-08	9.99E-09	7.13E-09	1.54E-11
Rollán	2.46E-08	2.20E-08	1.64E-08	2.35E-11
San Cristóbal de la Cuesta	3.60E-08	3.06E-08	2.14E-08	5.03E-11
San Pedro del Valle	1.17E-07	1.11E-07	8.81E-08	1.25E-10
San Pelayo de Guareña	4.60E-07	4.43E-07	3.66E-07	1.17E-09
Sando	3.37E-08	2.76E-08	2.00E-08	4.21E-11
Santa María de Sando	5.15E-08	4.43E-08	3.09E-08	7.93E-11
Santa Marta de Tormes	2.10E-08	1.75E-08	1.21E-08	1.85E-11
Santiz	4.03E-08	3.64E-08	2.73E-08	4.68E-11
Tabera de Abajo	1.50E-08	1.26E-08	9.05E-09	2.00E-11
Tardáguila	4.16E-08	3.44E-08	2.39E-08	6.64E-11
Topas	4.37E-08	3.59E-08	2.59E-08	7.07E-11
Torresmenudas	1.97E-07	1.84E-07	1.41E-07	4.40E-10
Tremedal de Tormes	5.64E-08	4.97E-08	3.38E-08	7.67E-11
Valdelosa	6.33E-08	5.60E-08	4.25E-08	1.09E-10
Valdunciel	6.85E-08	6.01E-08	4.32E-08	1.26E-10
Valverdón	1.04E-07	9.65E-08	7.27E-08	1.81E-10
Vega de Tirados	7.97E-08	7.56E-08	5.98E-08	9.90E-11
La Velles	4.08E-08	3.37E-08	2.34E-08	6.48E-11
Villamayor	4.85E-08	4.26E-08	3.04E-08	7.34E-11
Villar de Peralonso	4.60E-08	3.98E-08	2.65E-08	5.86E-11
Villares de la Reina	3.96E-08	3.40E-08	2.40E-08	5.68E-11
Villarmayor	1.01E-07	9.22E-08	7.09E-08	1.58E-10
Villasdardo	4.83E-08	4.12E-08	2.86E-08	7.29E-11
Villaseco de los Gamitos	6.60E-08	5.83E-08	4.14E-08	1.09E-10
Villaseco de los Reyes	3.95E-08	3.48E-08	2.33E-08	3.44E-11
Zamayón	1.25E-07	1.16E-07	9.05E-08	2.50E-10
Zarapicos	1.67E-07	1.60E-07	1.26E-07	2.40E-10
Zamora				
Alfaraz de Sayago	2.55E-08	2.29E-08	1.64E-08	2.02E-11
Almeida de Sayago	2.56E-08	2.22E-08	1.51E-08	1.58E-11
Cabañas de Sayago	1.52E-08	1.18E-08	8.45E-09	1.63E-11
Carbellino	2.37E-08	2.03E-08	1.38E-08	1.42E-11
El Cubo de Tierra del Vino	2.72E-08	2.18E-08	1.59E-08	3.86E-11
Fresno de Sayago	1.45E-08	1.23E-08	8.44E-09	9.76E-12
Mayalde	2.45E-08	2.05E-08	1.51E-08	3.06E-11
Moraleja de Sayago	5.49E-08	5.06E-08	3.68E-08	4.15E-11
Peñausende	1.90E-08	1.60E-08	1.14E-08	1.87E-11
Roelos de Sayago	2.06E-08	1.74E-08	1.17E-08	1.18E-11

Tabla A17.9. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.8E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	R.G.1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002.* CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

Anexo XVIII: Fábrica de concentrados de uranio de Andújar

Provincia:	Jaén
Comienzo de la operación:	Noviembre de 1959
Fin de la operación:	Junio de 1981
Desmantelamiento / acondicionamiento:	Febrero de 1991 a junio de 1994
Estado actual:	Clausura en vigilancia radiológica
Procesado anual:	60.000 Tm

La antigua fábrica de uranio de Andújar (FUA) se encuentra situada en el término municipal de Andújar (Jaén). Esta instalación, clasificada como instalación radiactiva de 1.ª categoría, estuvo operativa entre 1959 y 1981.

La Orden del Ministerio de Industria y Energía, de 1 de febrero de 1991, autorizó a Enresa la ejecución de las operaciones para su desmantelamiento. La Resolución de la Dirección General de la Energía, de 17 de marzo de 1995, daba por finalizado el desmantelamiento de la instalación, el acondicionamiento de los estériles en el propio emplazamiento, y la restauración del resto de las zonas afectadas por las actividades de la fábrica.

La mencionada resolución daba comienzo, asimismo, al denominado período de cumplimiento, establecido inicialmente en diez años. Este periodo tiene por objeto verificar que los parámetros incluidos en el Plan de Vigilancia y Mantenimiento establecidos, para la comprobación de la idoneidad de las actuaciones de restauración y acondicionamiento ejecutadas, se comportan según lo previsto.

El emplazamiento restaurado, exento ya de instalaciones, debidamente vallado y señalizado, quedó bajo la vigilancia de Enresa en las condiciones indicadas en la citada resolución. Transcurridos los diez años del periodo de cumplimiento, al no haberse alcanzado aún los valores previstos, el emplazamiento continúa en periodo de cumplimiento.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la FUA desde la entrada en funcionamiento de la instalación (1959) hasta el año 2003 para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A18.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A18.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la FUA se han considerado las actividades vertidas por efluentes gaseosos de la instalación (tablas A18.6 y A18.7), con los hábitos alimenticios de la provincia de Córdoba, al no estar la provincia de Jaén comprendida en el estudio (CSN, 2002), y ser los datos de la provincia de Córdoba de dicha referencia muy semejantes a los incluidos en el Plan de Desmantelamiento y Restauración (PDR) de la instalación (PDR, 1995) y los datos meteorológicos del aeropuerto de Córdoba (tablas de frecuencias de viento según clase de estabilidad y sector de acuerdo a la matriz de vientos construida para el período septiembre-diciembre de 1987 y enero-agosto de 1990) de acuerdo con el propio PDR. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el caudal del río Guadalquivir.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe. Sin embargo, dicho esquema de cálculo ha tenido que ser adaptado para considerar el carácter extenso de las fuentes emisoras con respecto a la distancia a los municipios considerados. Para ello se ha utilizado el código MILDOS-AREA que, en función de los datos meteorológicos y las características geométricas de las fuentes emisoras, proporciona las concentraciones en aire y suelo de los isótopos considerados en los distintos puntos de interés para la exposición a los efluentes gaseosos (gases y partículas). Estos valores se han utilizado para, de acuerdo a la metodología general presentada en el texto principal del documento, estimar las dosis recibidas por los individuos residentes en su entorno.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A18.8.

Se considerarán cuatro períodos operativos de la instalación, de acuerdo a las diferentes fases de su vida:

- Explotación de la instalación: desde noviembre de 1959 hasta 30 junio de 1981.
- Parada: 1 de julio 1981 hasta 5 de febrero de 1991.
- Desmantelamiento / acondicionamiento: 6 de febrero 1991 hasta junio de 1994, con un período efectivo de emisiones de unos 18 meses, situados durante 1992 y la primera mitad de 1993.
- Clausura definitiva: desde junio de 1994.

Las actividades emitidas por isótopo se han derivado de las previsiones de las capacidades operativas de la instalación detalladas en el Estudio Final de Seguridad de 1973, Capítulo 6, para la fase de explotación (EFS, 1973). En algunos casos, ha sido necesario recurrir a algún parámetro de proceso propio de instalaciones similares (planta Quercus), o según establece la *Regulatory Guide-3.59* para poder completar dicho

término fuente (USNRC, 1987), tal como recoge la tabla A18.8. Para el resto de fases (tras operación, durante las obras de acondicionamiento, con cobertura final), se ha hecho uso de los análisis recogidos en el capítulo de Impacto Radiológico del PDR en cuanto a actividades de Rn-222 exhalado y de las partículas de U-234/238, Th-230, Ra-226 y Pb-210 emitidas. De forma conservadora, se supondrá que las partículas emitidas tienen un tamaño uniforme e igual a 1μm, para utilizar el FCD más restrictivo del RPSRI.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se ha caracterizado en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua en el río Guadalquivir. En ellos se considerarán todas las vías de exposición salvo la de ingestión de agua potable, al haberse constatado que no existen concesiones de agua del río Guadalquivir para tal uso.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A18.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

	Vías de exposición							
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río [1]	Vegetales	Leche vaca	Leche cabra	Carne vaca	Carne cabra, cerdo y caza
Montoro, Villa del Río, Andújar, Arjonilla, Marmolejo	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resto de poblaciones	—	—	—	—	—	—	—	—

[1] Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año si no hay piscifactoría.

Resultados

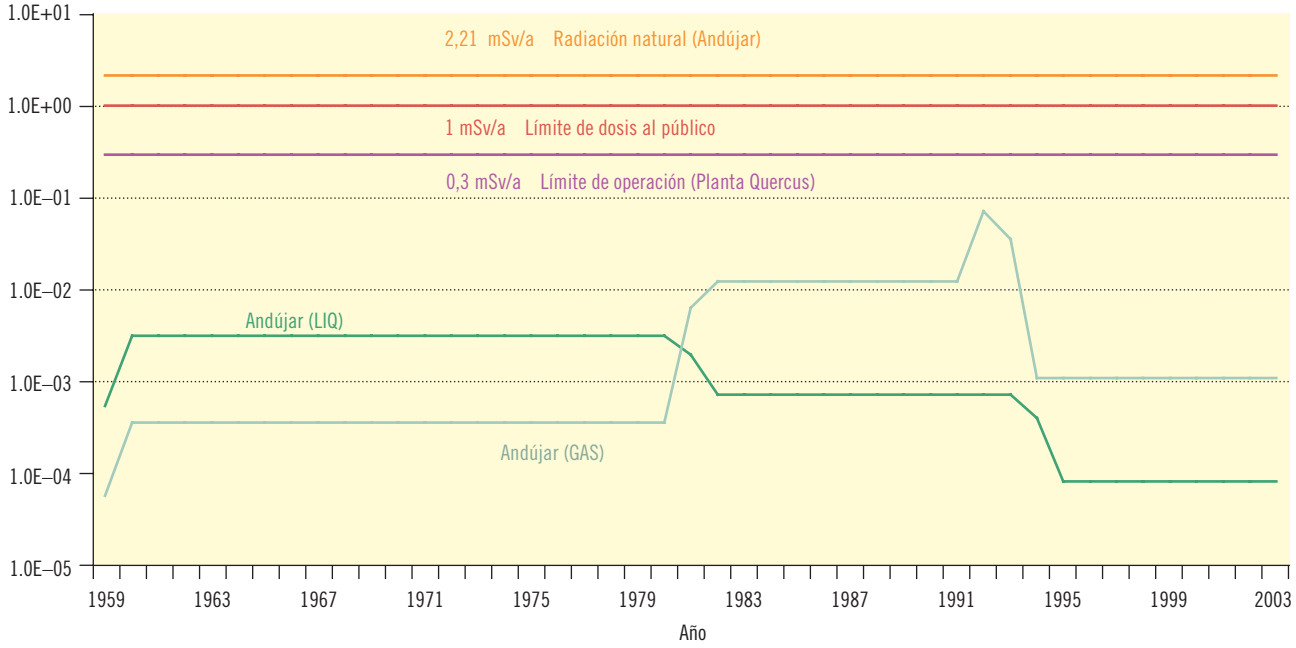
En la figura A18.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en la población más significativa (Andújar). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación Quercus (comparable a la FUA en cuanto a su propósito), el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y las dosis por radiación natural en la población de Andújar.

En la tabla A18.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la FUA.

La figura A18.2 ilustra la comparativa de la contribución de las distintas vías de exposición por efluentes líquidos y gaseosos para la localidad de Andújar en el último año en que la instalación ha estado operativa dentro del período del estudio (1980). Puede observarse que la principal vía de exposición por efluentes líquidos corresponde al consumo de alimentos vegetales, mientras que la vía predominante por efluentes gaseosos corresponde a la inhalación.

En la figura A18.3 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año completo en que la instalación ha operado durante el período de estudio (año 1980), en comparación con la radiación natural de cada municipio.

Figura A18.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la figura A18.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del período de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. La figura A18.5 muestra los valores correspondientes a la radiación natural también durante dicho período.

En la tabla A18.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Análogamente, la tabla A18.4 contiene los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de estudio.

Tabla A18.2 (1/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1959 a 1971

Municipio	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Córdoba													
Cañete de las Torres	4.41E-07	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06
Montoro	5.65E-04	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03
Villa del Río	5.65E-04	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03
Jaén													
Andújar	6.23E-04	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03
Arjona	4.75E-06	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05
Arjonilla	5.67E-04	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03
Bailén	4.87E-06	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05
Baños de la Encina	1.68E-06	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05
Cazalilla	1.71E-05	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04
Escañuela	2.31E-06	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05
Espeluy	1.51E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05
Fuerte del Rey	3.21E-06	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05
Higuera de Arjona	2.44E-05	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04
Higuera de Calatrava	4.70E-07	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06
Jabalquinto	7.40E-06	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05
Lopera	1.55E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06
Marmolejo	5.89E-04	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03
Mengíbar	9.83E-06	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05
Porcuna	7.42E-07	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06
Torredonjimeno	9.80E-07	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06
Villanueva de la Reina	2.70E-05	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04
Villardompardo	1.72E-06	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05

Tabla A18.2 (2/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1972 a 1984

Municipio	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Córdoba													
Cañete de las Torres	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	2.65E-06	1.17E-04	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04
Montoro	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	2.66E-03	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03
Villa del Río	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	3.39E-03	2.59E-03	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03
Jaén													
Andújar	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	3.74E-03	8.76E-03	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02
Arjona	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	6.06E-04	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03
Arjonilla	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	3.40E-03	2.57E-03	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03
Bailén	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	2.92E-05	6.41E-04	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03
Baños de la Encina	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	1.01E-05	2.64E-04	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04
Cazalilla	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	2.11E-03	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03
Escañuela	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	3.58E-04	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04
Espeluy	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	9.09E-05	1.72E-03	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03
Fuerte del Rey	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	1.93E-05	5.07E-04	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04
Higuera de Arjona	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	2.75E-03	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03
Higuera de Calatrava	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	2.82E-06	8.32E-05	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04
Jabalquinto	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	4.44E-05	9.99E-04	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03
Lopera	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	9.33E-06	2.70E-04	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04
Marmolejo	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	3.54E-03	5.30E-03	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03
Mengíbar	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	5.90E-05	1.36E-03	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03
Porcuna	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	4.45E-06	1.22E-04	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04
Torredonjimeno	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	5.88E-06	2.04E-04	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04
Villanueva de la Reina	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	2.98E-03	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03
Villardompardo	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	2.97E-04	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04

Tabla A18.2 (3/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1985 a 1997

Municipio	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Córdoba													
Cañete de las Torres	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04	2.31E-04	7.04E-04	3.64E-04	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05
Montoro	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03	1.94E-03	5.02E-03	2.96E-03	5.50E-04	2.06E-04	2.06E-04	2.06E-04
Villa del Río	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03	1.79E-03	4.63E-03	2.76E-03	5.33E-04	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04
Jaén													
Andújar	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02	1.38E-02	7.24E-02	3.72E-02	1.61E-03	1.26E-03	1.26E-03	1.26E-03
Arjona	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03	1.18E-03	5.80E-03	2.96E-03	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04
Arjonilla	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	1.74E-03	6.12E-03	3.49E-03	5.16E-04	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04
Bailén	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03	1.25E-03	6.00E-03	3.06E-03	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04
Baños de la Encina	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04	5.17E-04	2.19E-03	1.12E-03	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05
Cazalilla	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03	4.12E-03	2.07E-02	1.06E-02	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04
Escañuela	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04	7.01E-04	2.99E-03	1.53E-03	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05
Espeluy	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03	3.35E-03	1.79E-02	9.11E-03	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04
Fuerte del Rey	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04	9.94E-04	4.19E-03	2.14E-03	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05
Higuera de Arjona	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03	5.36E-03	2.88E-02	1.47E-02	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04
Higuera de Calatrava	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04	1.64E-04	6.37E-04	3.27E-04	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05
Jabalquinto	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03	1.95E-03	9.18E-03	4.68E-03	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04
Lopera	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04	5.30E-04	2.09E-03	1.07E-03	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05
Marmolejo	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03	7.07E-03	3.32E-02	1.73E-02	1.01E-03	6.71E-04	6.71E-04	6.71E-04
Mengíbar	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03	2.67E-03	1.23E-02	6.28E-03	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04
Porcuna	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04	2.40E-04	9.82E-04	5.03E-04	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05
Torredonjimeno	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04	4.02E-04	1.41E-03	7.27E-04	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05
Villanueva de la Reina	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03	5.81E-03	3.17E-02	1.61E-02	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04
Villardompardo	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04	5.83E-04	2.31E-03	1.19E-03	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05

Tabla A18.2 (4/4). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1998 a 2003

Municipio	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Córdoba						
Cañete de las Torres	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05	2.49E-05
Montoro	2.06E-04	2.06E-04	2.06E-04	2.06E-04	2.06E-04	2.06E-04
Villa del Río	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04
Jaén						
Andújar	1.26E-03	1.26E-03	1.26E-03	1.26E-03	1.26E-03	1.26E-03
Arjona	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04	1.12E-04
Arjonilla	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04
Bailén	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04
Baños de la Encina	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05	5.15E-05
Cazalilla	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04	3.87E-04
Escañuela	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05	6.96E-05
Espeluy	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04	3.08E-04
Fuerte del Rey	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05	9.91E-05
Higuera de Arjona	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04	4.90E-04
Higuera de Calatrava	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05	1.67E-05
Jabalquinto	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04	1.88E-04
Lopera	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05
Marmolejo	6.71E-04	6.71E-04	6.71E-04	6.71E-04	6.71E-04	6.71E-04
Mengíbar	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04	2.59E-04
Porcuna	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05	2.42E-05
Torredonjimeno	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05	4.20E-05
Villanueva de la Reina	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04	5.28E-04
Villardompardo	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05	5.91E-05

Figura A18.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos *(Total: 3.37E-03 mSv/año)* en el municipio de Andújar, año 1980

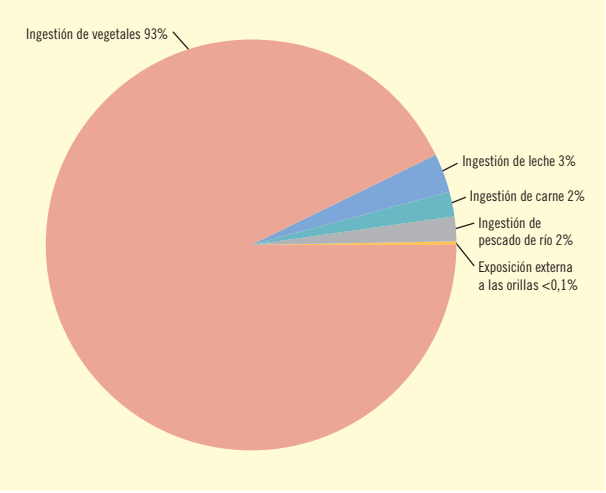


Figura A18.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos *(Total: 3.67E-04 mSv/año)* en el municipio de Andújar, año 1980

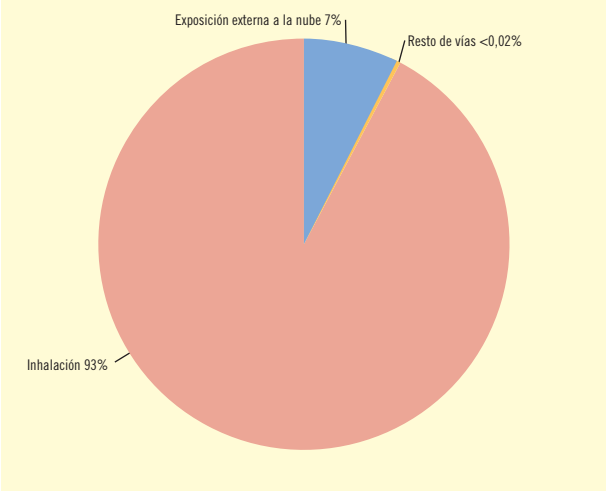


Figura A18.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) al individuo adulto en las localidades del entorno de 30 km en el año 1980

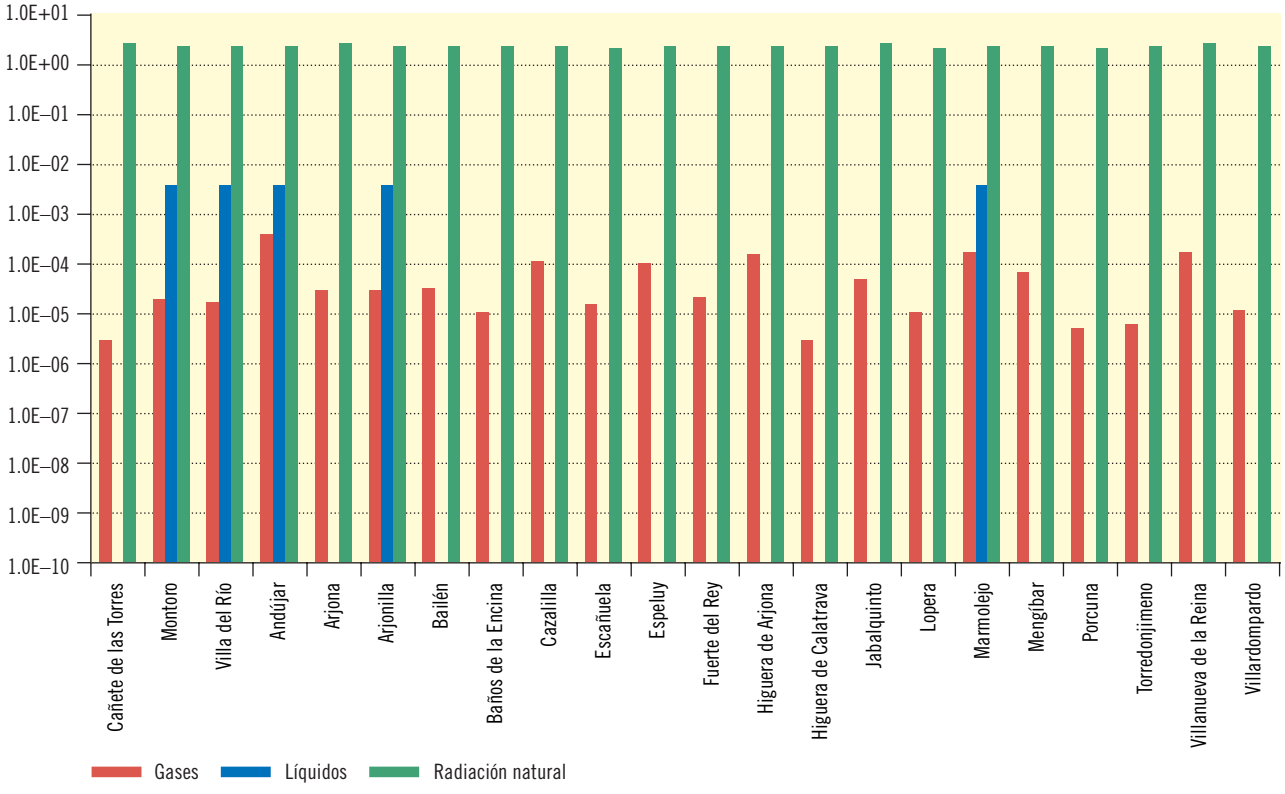


Figura A18.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la instalación en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1959-2003

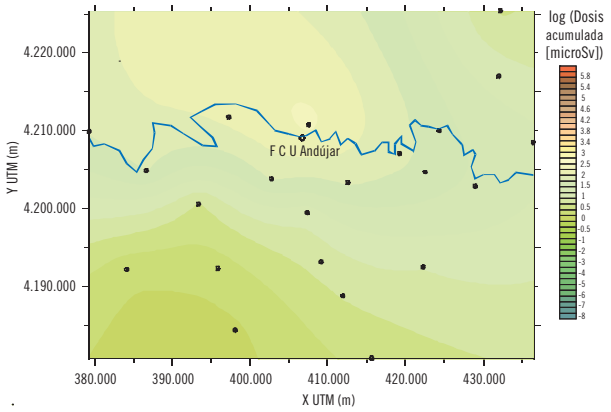


Figura 4.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1959-2003

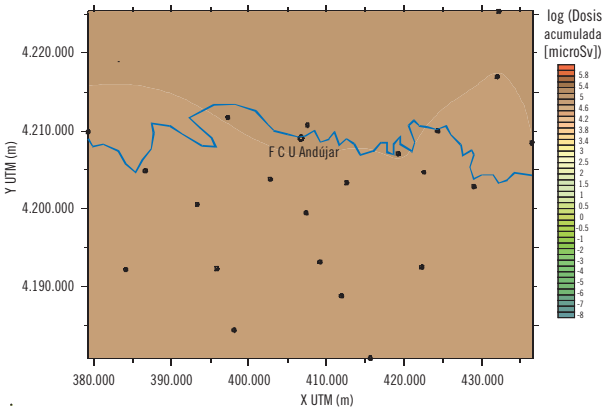


Tabla A18.3. Dosis efectiva acumulada por el indivuduo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Córdoba	
Cañete de las Torres	3.72E-03
Montoro	1.04E-01
Villa del Río	1.01E-01
Jaén	
Andújar	3.44E-01
Arjona	2.26E-02
Arjonilla	1.03E-01
Bailén	2.37E-02
Baños de la Encina	9.32E-03
Cazalilla	7.95E-02
Escañuela	1.27E-02

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Espeluy	6.64E-02
Fuerte del Rey	1.79E-02
Higuera de Arjona	1.06E-01
Higuera de Calatrava	2.86E-03
Jabalquinto	3.66E-02
Lopera	9.31E-03
Marmolejo	2.06E-01
Mengíbar	4.97E-02
Porcuna	4.28E-03
Torredonjimeno	6.78E-03
Villanueva de la Reina	1.16E-01
Villardompardo	1.03E-02

Tabla A18.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1959-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Córdoba									
Cañete de las Torres	0,84	0,06	0,12	0,09	0,51	0,31	0,51	2,44	109,84
Montoro	0,73	0,06	0,12	0,05	0,30	0,34	0,51	2,11	94,93
Villa del Río	0,73	0,06	0,12	0,05	0,29	0,32	0,51	2,08	93,67
Jaén									
Andújar	0,67	0,06	0,12	0,08	0,45	0,32	0,51	2,21	99,26
Arjona	0,73	0,06	0,12	0,11	0,61	0,34	0,51	2,47	111,14
Arjonilla	0,73	0,06	0,12	0,06	0,34	0,32	0,51	2,15	96,60
Bailén	0,73	0,06	0,12	0,06	0,34	0,32	0,51	2,13	96,06
Baños de la Encina	0,73	0,06	0,12	0,05	0,27	0,32	0,51	2,06	92,75
Cazalilla	0,73	0,06	0,12	0,07	0,38	0,32	0,51	2,18	98,15
Escañuela	0,73	0,06	0,12	0,04	0,20	0,34	0,51	1,99	89,55
Espeluy	0,73	0,06	0,12	0,05	0,25	0,31	0,51	2,02	90,91
Fuerte del Rey	0,73	0,06	0,12	0,04	0,23	0,33	0,51	2,02	91,02
Higuera de Arjona	0,73	0,06	0,12	0,07	0,39	0,34	0,51	2,22	100,10
Higuera de Calatrava	0,73	0,06	0,12	0,06	0,32	0,32	0,51	2,11	94,87
Jabalquinto	0,73	0,06	0,12	0,08	0,43	0,31	0,51	2,24	100,63
Lopera	0,62	0,06	0,12	0,05	0,25	0,32	0,51	1,92	86,27
Marmolejo	0,92	0,06	0,12	0,04	0,23	0,31	0,51	2,18	98,19
Mengíbar	0,84	0,06	0,12	0,05	0,28	0,34	0,51	2,20	99,08
Porcuna	0,73	0,06	0,12	0,04	0,19	0,36	0,51	2,00	90,05
Torredonjimeno	0,73	0,06	0,12	0,05	0,29	0,31	0,51	2,07	93,25
Villanueva de la Reina	0,73	0,06	0,12	0,08	0,44	0,31	0,51	2,25	101,27
Villardompardo	0,73	0,06	0,12	0,05	0,30	0,33	0,51	2,10	94,68

Tabla A18.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
14	Córdoba	14	Cañete de las Torres	28518	SW
		43	Montoro	27579	W
		66	Villa del Río	20697	WSW
23	Jaén	5	Andújar	1496	NNE
		6	Arjona	9936	S
		7	Arjonilla	6935	SW
		10	Bailén	26251	ENE
		11	Baños de la Encina	29957	ENE
		27	Cazalilla	16389	ESE
		31	Escañuela	16375	S
		32	Espeluy	17512	E
		35	Fuerte del Rey	22866	SE
		40	Higuera de Arjona	8347	SE
		41	Higuera de Calatrava	26510	SSW
		49	Jabalquinto	29577	E
		56	Lopera	16160	WSW
		59	Marmolejo	9857	WNW
		61	Mengíbar	23060	ESE
		69	Porcuna	20336	SSW
		87	Torredonjimeno	29969	SSE
		96	Villanueva de la Reina	12590	E
		98	Villardompardo	21237	SSE

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos en las distintas fases de la vida de la FUA se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A18.6 y A18.7 y desglosadas por isótopo en las tablas A18.6 y A18.7. Los valores proceden del Estudio Final de Seguridad de la instalación para el período de operación (EFS, 1975), y del Plan de Desmantelamiento y Restauración (PDR, 1995) para los períodos de parada, desmantelamiento y clausura de la misma.

Como ya se ha indicado, y es propio de este tipo de instalaciones en las que no se produce enriquecimiento del uranio, se considerará en equilibrio secular la cadena de descendientes del U-238 (Th-234, Pa-234m, Pa-234 y U-234). En la aproximación definitiva adoptada, se supondrá que estos isótopos están en equilibrio secular con el U-238 y, por tanto, tienen la misma actividad que éste, por lo que se simularán como si fueran un U-238 con un FCD que sea la suma de los de los isótopos de esta subcadena. De la misma manera, se supondrán como isótopos en equilibrio los descendientes de la cadena del Pb-210 (Bi-210 y Po-210), habitualmente con la misma actividad que el Ra-226.

Figura A18.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

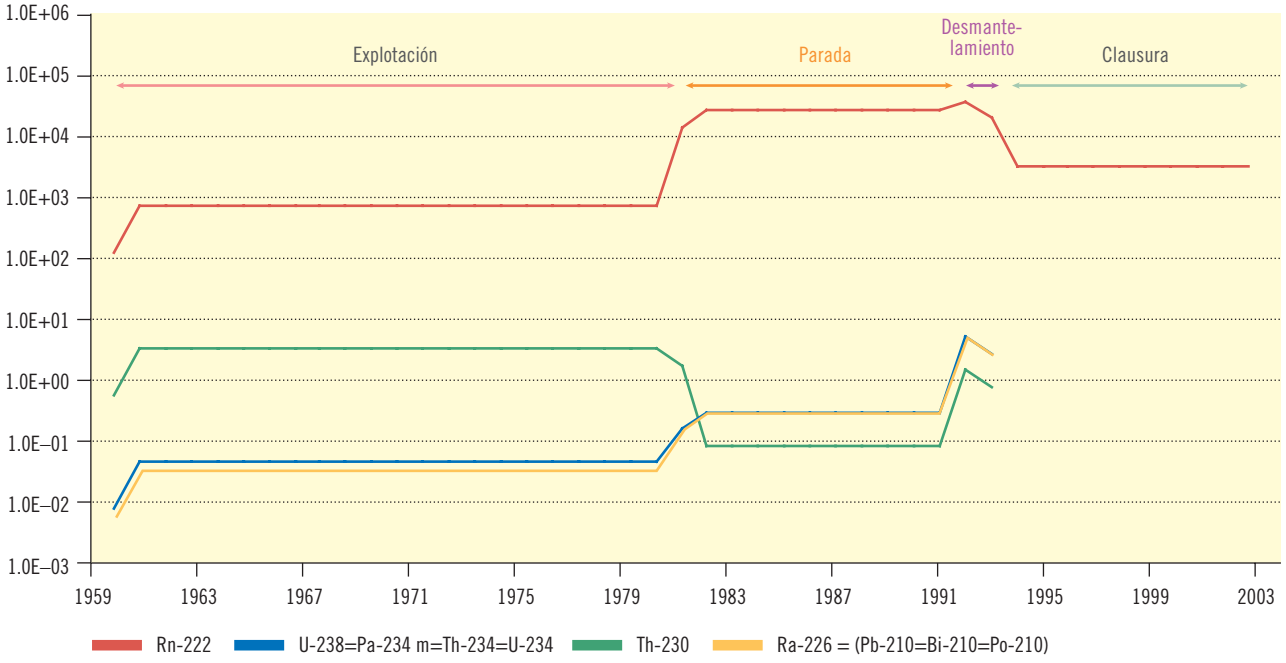


Figura A18.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

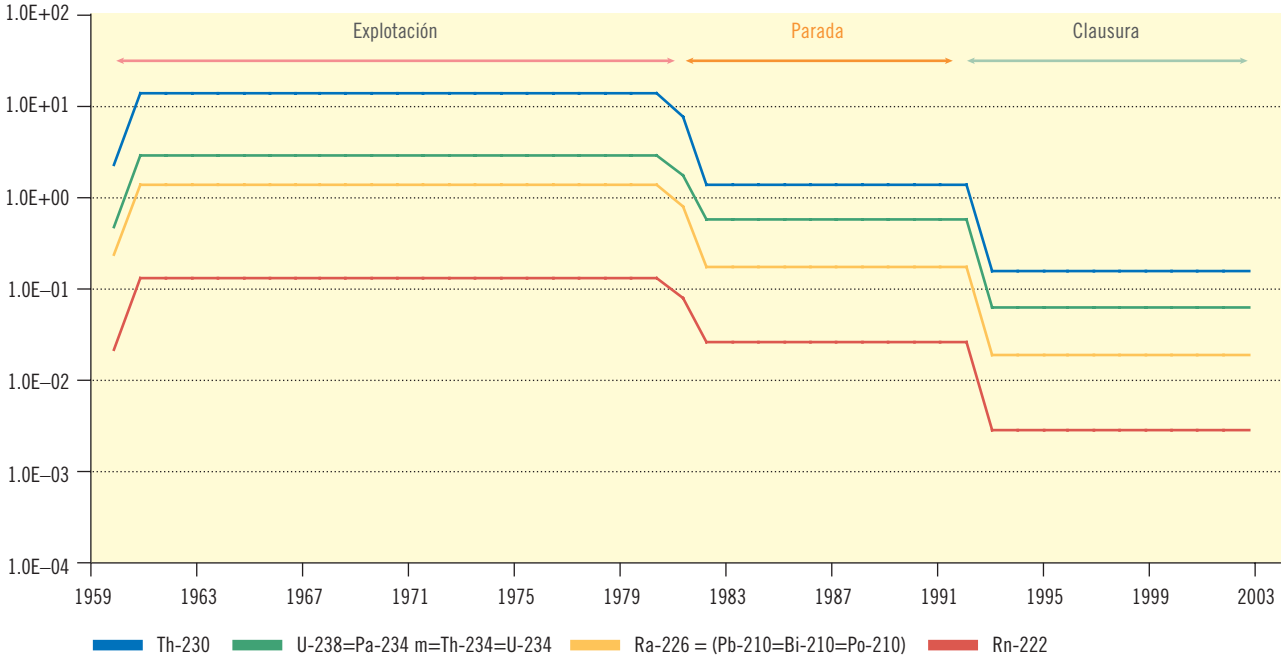


Tabla A18.6. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Rn-222	1.15E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11
U-238(*)	5.10E+08	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09
Th-230	7.09E+06	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07
Ra-226	5.18E+06	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07
Pb-210(**)	5.18E+06	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07

Año	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Rn-222	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	6.93E+11	1.30E+13	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13
U-238(*)	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	3.06E+09	1.57E+09	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07
Th-230	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	4.25E+07	1.48E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08
Ra-226	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	1.42E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08
Pb-210(**)	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	3.11E+07	1.42E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08

Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Rn-222	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13	2.54E+13	3.47E+13	1.89E+13	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12
U-238(*)	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07	7.22E+07	1.33E+09	6.66E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Th-230	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	4.70E+09	2.35E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ra-226	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	4.70E+09	2.35E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pb-210(**)	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	2.54E+08	4.70E+09	2.35E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Año	2001	2002	2003
Rn-222	3.03E+12	3.03E+12	3.03E+12
U-238(*)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Th-230	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ra-226	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pb-210(**)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A18.7. Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
U-238(*)	4.67E+08	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09
U-235	2.10E+07	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08
Th-230	2.25E+09	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10
Ra-226	2.25E+08	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09
Pb-210(**)	2.25E+08	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09

Año	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
U-238(*)	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	2.80E+09	1.68E+09	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08
U-235	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	1.26E+08	7.55E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07
Th-230	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	1.35E+10	7.44E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09
Ra-226	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	7.59E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08
Pb-210(**)	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	1.35E+09	7.59E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08

Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
U-238(*)	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	5.52E+08	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07
U-235	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.48E+07	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06
Th-230	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.36E+09	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08
Ra-226	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07
Pb-210(**)	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.66E+08	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07

Año	2001	2002	2003
U-238(*)	6.08E+07	6.08E+07	6.08E+07
U-235	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06
Th-230	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08
Ra-226	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07
Pb-210(**)	1.83E+07	1.83E+07	1.83E+07

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A18.8. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	65.7	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	65.7	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.8E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	RG-1.109	Río
	Porcentaje de actividad de Th-230 en instalaciones de proceso				
		%	0.5	RG-3.59	
	Porcentaje de actividad de Ra-226, Pb-210 y Po-210 en instalaciones de proceso				
		%	0.1	RG-3.59	

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

EFS (1973). *Estudio Final de Seguridad de la Fábrica de Uranio*. General Hernández Vidal, 1973.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

PDR (1995). *Plan de Desmantelamiento y Restauración*, Revisión 1. Enresa. 1995.

USNRC (1987). *Regulatory Guide 3.59:* "Methods for Estimating Radioactive and Toxic Airborne Source Terms for Uranium Milling Operations". Marzo 1987.

Anexo XIX: Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio

Provincia:	Salamanca
Comienzo de la operación:	1993
Fin de la operación:	2003
Estado actual:	Parada
Procesado anual:	600.000 Tm

La planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio está situada en el centro minero de Saelices el Chico en la provincia de Salamanca. La instalación se encuentra, desde la declaración ministerial de su cese definitivo en el año 2003, en situación de parada. En el momento actual, las actividades de la instalación están dedicadas al tratamiento de efluentes líquidos para su acondicionamiento y vertido, siendo nula la producción de concentrados de uranio.

En el año 2005, la Empresa Nacional del Uranio (Enusa), como titular de la planta, solicitó ante el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio autorización para proceder al desmantelamiento de la misma. Con posterioridad, Enusa decidió posponer su decisión de desmantelar la planta ante una posible reanudación de las operaciones, dada la evolución de los precios de concentrados de uranio.

Finalmente, Enusa ha solicitado al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio una suspensión *sine die*" del proceso de licenciamiento del desmantelamiento de la planta. El CSN, tras analizar las implicaciones de dicha solicitud, consideró posible seguir manteniendo la actual situación de cese definitivo por un plazo adicional de dos años, condicionando dicha prórroga a la presentación por parte de Enusa de un Plan de Mantenimiento de la instalación. En consecuencia, el 15 de julio de 2008 el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio concedió la suspensión temporal del proceso de licenciamiento de la solicitud presentada, con los condicionamientos antes indicados.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio desde su entrada

en funcionamiento (1993) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la planta en un radio de 30 km (tabla A19.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A19.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la planta Quercus se han considerado las actividades vertidas por efluentes gaseosos y líquidos de la instalación (tablas A19.6 y A19.7), con los hábitos alimenticios de la provincia de Salamanca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el caudal del río Águeda.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel), lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe. En el caso de las instalaciones de minería y fabricación de concentrados, el esquema general de cálculo ha sido adaptado para considerar el carácter extenso de las fuentes emisoras con respecto a la distancia a los municipios considerados. Para ello se ha utilizado el código MILDOS-AREA que, en función de los datos meteorológicos y las características geométricas de las fuentes emisoras, proporciona las concentraciones en aire y suelo de los isótopos considerados en los distintos puntos de interés para la exposición a los efluentes gaseosos (gases y partículas). Estos valores se han utilizado para, de acuerdo a la metodología general presentada en el texto principal del documento, estimar las dosis recibidas por los individuos residentes en su entorno.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en la tabla A19.8.

Se considerará un único período operativo de la instalación entre el año de entrada en servicio (1993) y el año de resolución de parada definitiva (2003), por coincidir éste último con el final del estudio epidemiológico. En todo caso, las últimas actividades de procesado de mineral tuvieron lugar en 2001.

Las actividades emitidas por isótopo se han obtenido del documento facilitado por Enusa para las emisiones del año 1999 (Enusa, 2008) el cual, junto con los datos anuales de mineral procesado y acumulado en eras, también han permitido reproducir las emisiones gaseosas para el período 1993-2003. Para las emisiones líquidas se ha recurrido a los informes semestrales de la instalación. De forma conservadora, como se ha hecho en este tipo de instalaciones, en desconocimiento de la distribución de tamaños de partículas suspendidas en aire, se supondrá que las partículas emitidas tienen un tamaño uniforme e igual a 1μm, para utilizar el FCD más restrictivo del RPSRI.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja

y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se ha caracterizado en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua en el río Águeda. En ellos se considerarán las vías de exposición que se reflejan en la tabla A19.1 a excepción de la de ingestión de agua potable, al haberse constatado que no existen concesiones de agua para tal uso.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A19.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

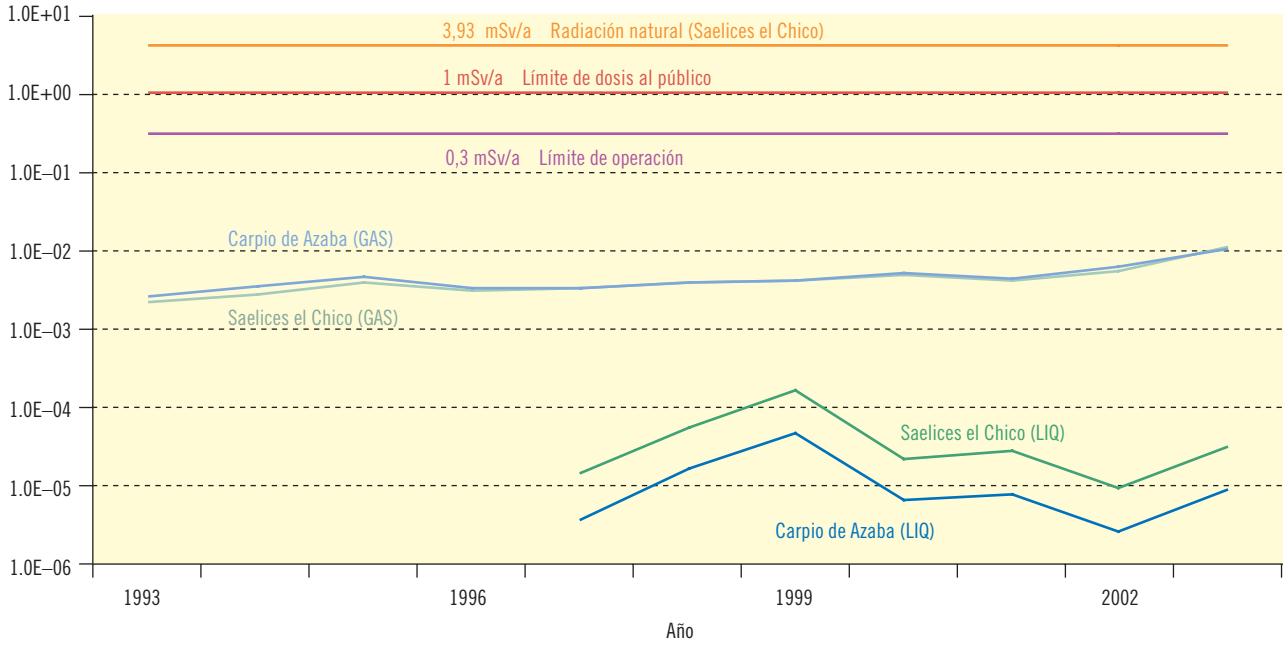
	Vías de exposición efluentes líquidos							
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río[1]	Vegetales	Leche vaca[2]	Leche cabra[2]	Carne vaca[2]	Carne cabra, cerdo y caza[2]
Ahigal de los Aceiteros, Carpio de Azaba, Puerto Seguro, San Felices de los Gallegos, Villar de Ciervo	✓	—	✓	—	✓	✓	✓	✓
Castillejo de Martín Viejo, Gallegos de Argañán, Vilar de Argañán, Villar de la Yegua	✓	—	✓	✓[3]	✓	✓	✓	✓
Fuentes de Oñoro	—	—	—	✓[3]	✓	✓	✓	✓
Saelices el Chico	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resto	—	—	—	—	—	—	—	—

[1] Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año si no hay piscifactoría.
[2] No se riega el pasto con agua contaminada pero el animal bebe agua contaminada.
[3] Se consideran contaminados sólo los vegetales de hoja.

Resultados

En la figura A19.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Saelices el Chico y Carpio de Azaba). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la instalación, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la tasa anual de dosis por radiación natural en la población de Saelices el Chico.

Figura A19.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A19.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la planta Quercus.

La figura A19.2 ilustra la comparativa de la contribución de las distintas vías de exposición por efluentes líquidos y gaseosos para la localidad de Saelices el Chico en el último año del período del estudio (2003). Puede observarse que la principal vía de exposición por efluentes líquidos corresponde al consumo de alimentos vegetales, mientras que la vía predominante por efluentes gaseosos corresponde a la inhalación.

En la figura A19.3 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año del periodo de estudio (2003), en comparación con el nivel de radiación natural de cada municipio.

En la figura A19.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. La figura A19.5 muestra los valores correspondientes a la radiación natural también durante dicho período.

En la tabla A19.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Análogamente, la tabla A19.4 contiene los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de estudio.

Tabla A19.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1993 a 2003

Municipio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Agallas	3.69E-04	4.35E-04	6.16E-04	5.01E-04	5.44E-04	6.12E-04	6.56E-04	7.67E-04	6.31E-04	9.06E-04	1.25E-03
Ahigal de los Aceiteros	2.67E-04	2.94E-04	4.29E-04	3.80E-04	4.23E-04	4.81E-04	5.37E-04	5.73E-04	4.71E-04	6.61E-04	8.64E-04
Alameda de Gardón	1.29E-03	1.39E-03	2.04E-03	1.84E-03	2.02E-03	2.23E-03	2.37E-03	2.72E-03	2.20E-03	3.13E-03	4.32E-03
Alamedilla (La)	3.67E-04	4.25E-04	6.06E-04	5.03E-04	5.47E-04	6.14E-04	6.57E-04	7.66E-04	6.28E-04	9.01E-04	1.23E-03
Alba de Yeltes	2.81E-04	3.22E-04	4.63E-04	3.93E-04	4.31E-04	4.82E-04	5.14E-04	5.94E-04	4.89E-04	6.95E-04	9.29E-04
Aldea del Obispo	9.23E-04	9.55E-04	1.43E-03	1.36E-03	1.51E-03	1.66E-03	1.75E-03	1.98E-03	1.62E-03	2.26E-03	2.89E-03
Atalaya (La)	4.83E-04	5.85E-04	8.22E-04	6.47E-04	6.97E-04	7.91E-04	8.49E-04	1.00E-03	8.26E-04	1.19E-03	1.68E-03
Bañobarez	3.31E-04	3.91E-04	5.56E-04	4.55E-04	4.95E-04	5.58E-04	5.96E-04	6.94E-04	5.79E-04	8.19E-04	1.17E-03
Bodón (El)	4.39E-04	5.35E-04	7.47E-04	5.85E-04	6.27E-04	7.12E-04	7.64E-04	9.01E-04	7.50E-04	1.07E-03	1.57E-03
Bouza (La)	3.45E-04	3.61E-04	5.37E-04	5.02E-04	5.58E-04	6.14E-04	6.50E-04	7.39E-04	6.00E-04	8.52E-04	1.06E-03
Campillo de Azaba	5.16E-04	6.49E-04	8.98E-04	6.70E-04	7.12E-04	8.18E-04	8.84E-04	1.06E-03	8.72E-04	1.28E-03	1.87E-03
Carpio de Azaba	2.48E-03	3.31E-03	4.43E-03	3.04E-03	3.13E-03	3.67E-03	4.03E-03	4.89E-03	4.08E-03	5.93E-03	9.59E-03
Castillejo de Martín Viejo	1.11E-03	1.38E-03	1.92E-03	1.50E-03	1.62E-03	1.85E-03	2.01E-03	2.29E-03	1.97E-03	2.68E-03	4.71E-03
Castraz	2.28E-04	2.55E-04	3.71E-04	3.25E-04	3.58E-04	3.98E-04	4.23E-04	4.85E-04	4.02E-04	5.63E-04	7.56E-04
Ciudad Rodrigo	1.86E-03	2.63E-03	3.53E-03	2.30E-03	2.36E-03	2.81E-03	3.06E-03	3.75E-03	3.17E-03	4.62E-03	7.38E-03
Dios le Guarde	3.12E-04	3.61E-04	5.17E-04	4.32E-04	4.73E-04	5.30E-04	5.66E-04	6.57E-04	5.39E-04	7.73E-04	1.03E-03
Encina (La)	5.08E-04	6.31E-04	8.76E-04	6.69E-04	7.13E-04	8.14E-04	8.75E-04	1.04E-03	8.60E-04	1.24E-03	1.81E-03
Espeja	9.99E-04	1.25E-03	1.73E-03	1.31E-03	1.39E-03	1.59E-03	1.71E-03	2.03E-03	1.71E-03	2.42E-03	3.74E-03
Fuenteguinaldo	2.48E-04	2.89E-04	4.11E-04	3.39E-04	3.69E-04	4.14E-04	4.42E-04	5.15E-04	4.25E-04	6.05E-04	8.41E-04
Fuenteliante	2.87E-04	3.36E-04	4.79E-04	3.95E-04	4.30E-04	4.84E-04	5.17E-04	6.01E-04	4.99E-04	7.06E-04	9.90E-04
Fuentes de Oñoro	6.51E-04	7.37E-04	1.06E-03	9.02E-04	9.88E-04	1.11E-03	1.19E-03	1.36E-03	1.12E-03	1.59E-03	2.27E-03
Gallegos de Argañán	1.84E-03	2.10E-03	2.98E-03	2.50E-03	2.70E-03	3.03E-03	3.27E-03	3.77E-03	3.08E-03	4.39E-03	6.84E-03
Heguijuela de Ciudad Rodrigo	3.69E-04	4.43E-04	6.24E-04	4.97E-04	5.36E-04	6.07E-04	6.51E-04	7.64E-04	6.30E-04	9.06E-04	1.27E-03
Ituero de Azaba	3.78E-04	4.70E-04	6.54E-04	4.96E-04	5.30E-04	6.07E-04	6.56E-04	7.83E-04	6.41E-04	9.43E-04	1.34E-03
Martiago	3.56E-04	4.25E-04	5.99E-04	4.82E-04	5.21E-04	5.88E-04	6.29E-04	7.37E-04	6.05E-04	8.67E-04	1.21E-03
Morasverdes	3.19E-04	3.67E-04	5.28E-04	4.44E-04	4.86E-04	5.44E-04	5.81E-04	6.73E-04	5.53E-04	7.91E-04	1.06E-03
Olmedo de Camaces	2.93E-04	3.38E-04	4.84E-04	4.06E-04	4.44E-04	4.97E-04	5.29E-04	6.12E-04	5.08E-04	7.15E-04	9.95E-04
Pastores	6.28E-04	7.86E-04	1.09E-03	8.25E-04	8.78E-04	1.00E-03	1.08E-03	1.28E-03	1.07E-03	1.53E-03	2.28E-03
Puebla de Azaba	3.15E-04	3.72E-04	5.27E-04	4.26E-04	4.62E-04	5.21E-04	5.59E-04	6.56E-04	5.36E-04	7.78E-04	1.07E-03
Puerto Seguro	3.52E-04	3.80E-04	5.59E-04	5.06E-04	5.64E-04	6.35E-04	7.00E-04	7.58E-04	6.23E-04	8.74E-04	1.14E-03
Retortillo	1.82E-04	2.06E-04	2.98E-04	2.54E-04	2.79E-04	3.12E-04	3.32E-04	3.83E-04	3.15E-04	4.48E-04	5.88E-04
Robleda	2.03E-04	2.32E-04	3.33E-04	2.81E-04	3.07E-04	3.43E-04	3.67E-04	4.26E-04	3.48E-04	5.01E-04	6.61E-04
Saelices el Chico	2.09E-03	2.64E-03	3.73E-03	2.92E-03	3.15E-03	3.66E-03	3.99E-03	4.50E-03	3.94E-03	5.31E-03	1.01E-02
Sancti-Spiritus	2.60E-04	3.07E-04	4.38E-04	3.58E-04	3.90E-04	4.40E-04	4.70E-04	5.48E-04	4.52E-04	6.47E-04	8.86E-04
San Felices de los Gallegos	3.19E-04	3.57E-04	5.17E-04	4.49E-04	4.97E-04	5.64E-04	6.26E-04	6.78E-04	5.62E-04	7.84E-04	1.07E-03
Saugo (El)	2.76E-04	3.19E-04	4.55E-04	3.78E-04	4.11E-04	4.61E-04	4.93E-04	5.74E-04	4.72E-04	6.75E-04	9.20E-04
Serradilla del Arroyo	4.43E-04	5.32E-04	7.52E-04	6.00E-04	6.49E-04	7.35E-04	7.87E-04	9.24E-04	7.62E-04	1.10E-03	1.52E-03
Serradilla del Llano	4.15E-04	4.94E-04	6.99E-04	5.63E-04	6.11E-04	6.90E-04	7.39E-04	8.65E-04	7.12E-04	1.03E-03	1.41E-03
Tenebrón	4.07E-04	4.83E-04	6.88E-04	5.60E-04	6.08E-04	6.87E-04	7.33E-04	8.54E-04	7.10E-04	1.01E-03	1.42E-03
Vilar de Argañán	1.78E-03	1.93E-03	2.84E-03	2.60E-03	2.87E-03	3.18E-03	3.38E-03	3.78E-03	3.16E-03	4.33E-03	6.29E-03
Villar de Ciervo	6.95E-04	7.40E-04	1.09E-03	1.01E-03	1.12E-03	1.24E-03	1.34E-03	1.48E-03	1.22E-03	1.70E-03	2.29E-03
Villar de la Yegua	8.39E-04	9.36E-04	1.36E-03	1.20E-03	1.32E-03	1.48E-03	1.60E-03	1.78E-03	1.49E-03	2.06E-03	3.00E-03
Villavieja de Yeltes	2.21E-04	2.59E-04	3.69E-04	3.04E-04	3.31E-04	3.73E-04	3.98E-04	4.62E-04	3.83E-04	5.44E-04	7.46E-04
Zamarra	5.94E-04	7.39E-04	1.03E-03	7.86E-04	8.39E-04	9.59E-04	1.03E-03	1.22E-03	1.02E-03	1.46E-03	2.12E-03

Figura A19.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos *(Total: 2.88E-05 mSv/año)* en el municipio de Saelices el Chico, año 2003

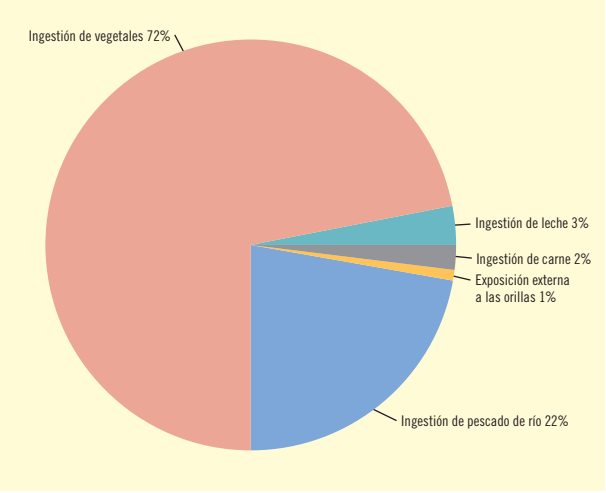


Figura A19.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos *(Total: 2.12E-03 mSv/año)* en el municipio de Saelices el Chico, año 2003

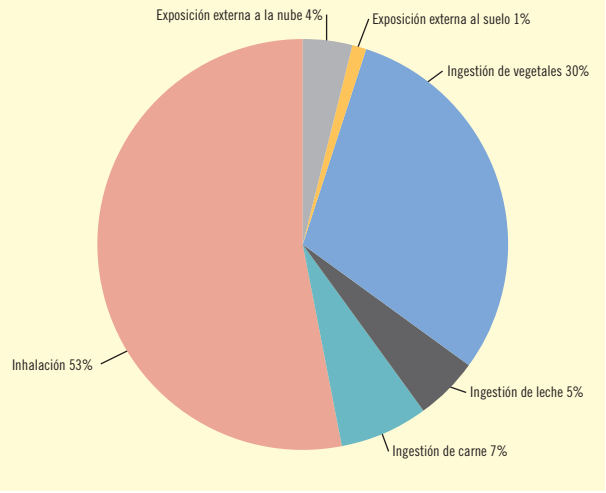


Figura A19.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) al individuo adulto en las localidades del entorno de 30 km en el año 2003

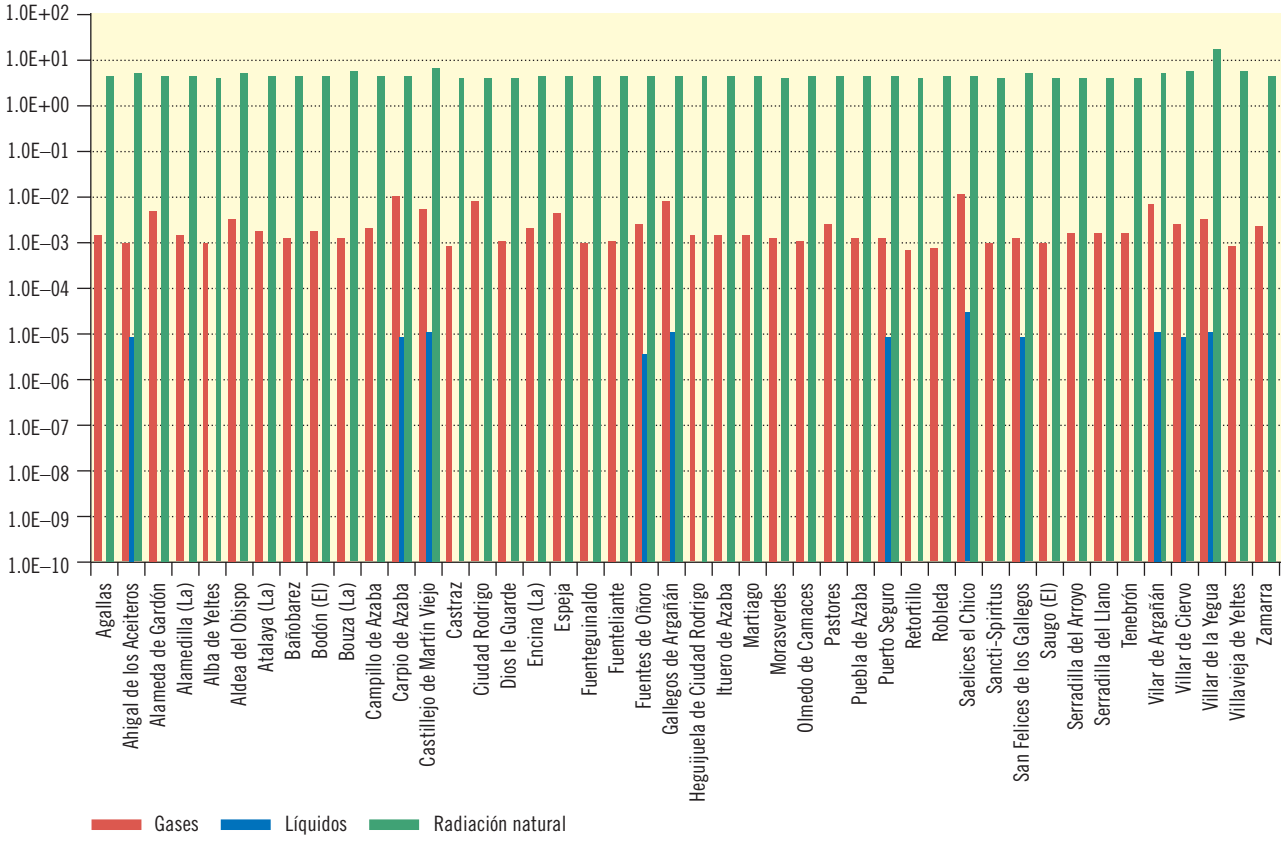


Figura A19.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la instalación Quercus en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1993-2003

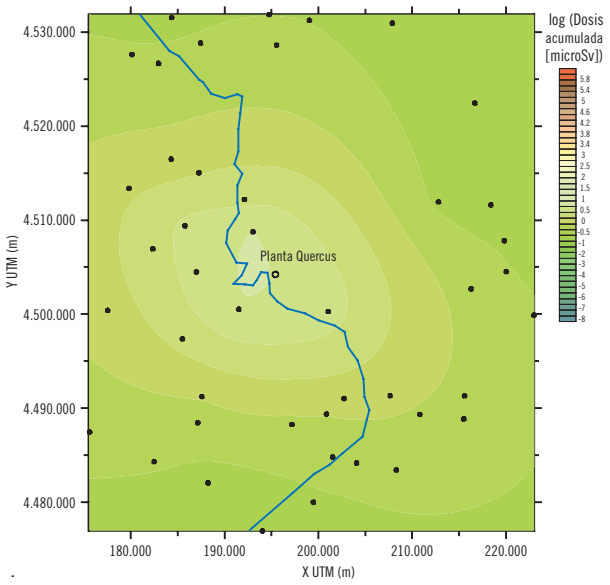


Figura A19.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1993-2003

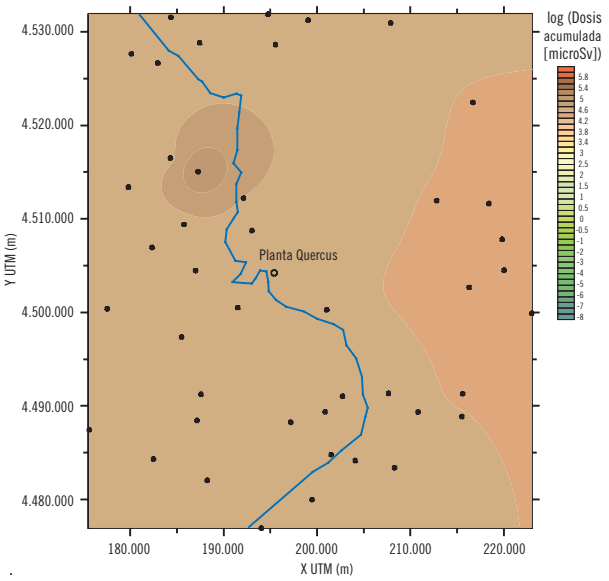


Tabla A19.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Agallas	4.50E-03
Ahigal de los Aceiteros	3.38E-03
Alameda de Gardón	1.59E-02
Alamedilla (La)	4.49E-03
Alba de Yeltes	3.48E-03
Aldea del Obispo	1.16E-02
Atalaya (La)	5.87E-03
Bañobarez	4.08E-03
Bodón (El)	5.31E-03
Bouza (La)	4.30E-03
Campillo de Azaba	6.21E-03
Carpio de Azaba	2.90E-02
Castillejo de Martín Viejo	1.37E-02
Castraz	2.84E-03
Ciudad Rodrigo	2.23E-02
Dios le Guarde	3.85E-03
Encina (La)	6.12E-03
Espeja	1.20E-02
Fuenteguinaldo	3.03E-03
Fuenteliante	3.53E-03
Fuentes de Oñoro	8.00E-03
Gallegos de Argañán	2.22E-02

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Heguijuela de Ciudad Rodrigo	4.49E-03
Ituero de Azaba	4.57E-03
Martiago	4.34E-03
Morasverdes	3.94E-03
Olmedo de Camaces	3.60E-03
Pastores	7.57E-03
Puebla de Azaba	3.84E-03
Puerto Seguro	4.45E-03
Retortillo	2.25E-03
Robleda	2.49E-03
Saelices el Chico	2.67E-02
Sancti-Spiritus	3.21E-03
San Felices de los Gallegos	4.01E-03
Saugo (El)	3.37E-03
Serradilla del Arroyo	5.42E-03
Serradilla del Llano	5.08E-03
Tenebrón	5.02E-03
Vilar de Argañán	2.24E-02
Villar de Ciervo	8.73E-03
Villar de la Yegua	1.05E-02
Villavieja de Yeltes	2.72E-03
Zamarra	7.20E-03

Tabla A19.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1993-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Agallas	1,80	0,05	0,30	0,14	0,82	0,40	0,33	3,84	42,24
Ahigal de los Aceiteros	1,80	0,05	0,30	0,26	1,52	0,37	0,33	4,62	50,87
Alameda de Gardón (La)	1,80	0,05	0,30	0,18	1,03	0,38	0,33	4,07	44,79
Alamedilla (La)	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,39	0,33	3,96	43,59
Alba de Yeltes	1,80	0,05	0,30	0,10	0,55	0,39	0,33	3,51	38,64
Aldea del Obispo	1,80	0,05	0,30	0,25	1,46	0,38	0,33	4,57	50,22
Atalaya (La)	1,80	0,05	0,30	0,13	0,78	0,40	0,33	3,79	41,70
Bañobarez	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,38	0,33	3,95	43,40
Bodón (El)	1,80	0,05	0,30	0,13	0,78	0,39	0,33	3,78	41,60
Bouza (La)	1,80	0,05	0,30	0,30	1,76	0,36	0,33	4,90	53,94
Campillo de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,16	0,92	0,37	0,33	3,93	43,22
Carpio de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,14	0,81	0,37	0,33	3,80	41,83
Castillejo de Martín Viejo	3,40	0,05	0,30	0,17	0,99	0,37	0,33	5,61	61,72
Castraz	1,80	0,05	0,30	0,10	0,59	0,39	0,33	3,56	39,17
Ciudad Rodrigo	1,80	0,05	0,30	0,12	0,69	0,37	0,33	3,66	40,25
Dios le Guarde	1,80	0,05	0,30	0,09	0,51	0,40	0,33	3,48	38,28
Encina (La)	1,80	0,05	0,30	0,15	0,85	0,40	0,33	3,88	42,69
Espeja	1,80	0,05	0,30	0,15	0,84	0,38	0,33	3,85	42,33
Fuenteguinaldo	1,80	0,05	0,30	0,15	0,90	0,41	0,33	3,94	43,38
Fuenteliante	1,80	0,05	0,30	0,18	1,04	0,38	0,33	4,08	44,91
Fuentes de Oñoro	1,80	0,05	0,30	0,15	0,88	0,38	0,33	3,89	42,79
Gallegos de Argañán	1,80	0,05	0,30	0,14	0,84	0,37	0,33	3,83	42,17
Herguijuela de Ciudad-Rodrigo	1,80	0,05	0,30	0,15	0,87	0,39	0,33	3,89	42,76
Ituero de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,37	0,33	3,94	43,32
Martiago	1,80	0,05	0,30	0,14	0,78	0,40	0,33	3,80	41,79
Morasverdes	1,80	0,05	0,30	0,09	0,49	0,41	0,33	3,46	38,11
Olmedo de Camaces	1,80	0,05	0,30	0,18	1,07	0,38	0,33	4,11	45,25
Pastores	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,39	0,33	3,96	43,52
Puebla de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,17	0,99	0,37	0,33	4,01	44,07
Puerto Seguro	0,80	0,05	0,30	0,28	1,67	0,37	0,33	3,80	41,79
Retortillo	1,80	0,05	0,30	0,09	0,49	0,39	0,33	3,45	37,97
Robleda	1,80	0,05	0,30	0,13	0,76	0,40	0,33	3,77	41,46
Saelices el Chico	1,80	0,05	0,30	0,16	0,92	0,37	0,33	3,93	43,20
Sancti-Spiritus	1,80	0,05	0,30	0,10	0,57	0,39	0,33	3,54	38,95
San Felices de los Gallegos	1,80	0,05	0,30	0,25	1,44	0,37	0,33	4,54	49,90
Saugo (El)	1,80	0,05	0,30	0,12	0,71	0,40	0,33	3,71	40,84
Serradilla del Arroyo	1,80	0,05	0,30	0,09	0,52	0,41	0,33	3,50	38,55
Serradilla del Llano	1,80	0,05	0,30	0,11	0,66	0,41	0,33	3,66	40,31
Tenebrón	1,80	0,05	0,30	0,08	0,47	0,40	0,33	3,43	37,74
Vilar de Argañán	2,70	0,05	0,30	0,15	0,87	0,38	0,33	4,78	52,59
Villar de Ciervo	2,30	0,05	0,30	0,24	1,40	0,37	0,33	4,99	54,93
Villar de la Yegua	12,90	0,05	0,30	0,21	1,24	0,38	0,33	15,41	169,54
Villavieja de Yeltes	2,70	0,05	0,30	0,15	0,89	0,38	0,33	4,81	52,86
Zamarra	1,80	0,05	0,30	0,15	0,89	0,39	0,33	3,92	43,11

Tabla A19.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
37	Salamanca	2	Agallas	24.474	SSE
		3	Ahigal de los Aceiteros	29.490	NNW
		5	Alameda de Gardón (La)	13.362	WNW
		6	Alamedilla (La)	25.957	SW
		9	Alba de Yeltes	24.668	E
		15	Aldea del Obispo	18.105	WNW
		37	Atalaya (La)	21.419	SE
		39	Bañobarez	24.393	N
		54	Bodón (El)	16.073	S
		56	Bouza (La)	27.963	NNW
		74	Campillo de Azaba	15.162	SSW
		86	Carpio de Azaba	5.393	SW
		96	Castillejo de Martín Viejo	8.621	NNW
		97	Castraz	24.151	ENE
		107	Ciudad Rodrigo	6.877	SE
		115	Dios le Guarde	24.621	E
		119	Encina (La)	15.829	SSE
		127	Espeja	12.055	SW
		136	Fuenteguinaldo	23.309	SSW
		137	Fuenteliante	27.273	N
		140	Fuentes de Oñoro	18.307	WSW
		145	Gallegos de Argañán	8.443	W
		157	Herguijuela de Ciudad-Rodrigo	20.368	SSE
		166	Ituero de Azaba	17.819	SSW
		181	Martiago	21.857	SSE
		204	Morasverdes	27.911	E
		223	Olmedo de Camaces	27.650	N
		233	Pastores	15.095	SSE
		258	Puebla de Azaba	23.751	SSW
		264	Puerto Seguro	25.673	NNW
		267	Retortillo	28.014	NE
		269	Robleda	27.323	S
		272	Saelices el Chico	5.121	NNW
		279	Sancti-Spiritus	19.031	ENE
		285	San Felices de los Gallegos	25.868	NNW
		303	Saugo (El)	24.572	S
		306	Serradilla del Arroyo	23.956	ESE
		307	Serradilla del Llano	25.294	SE
		321	Tenebrón	20.931	E
		356	Vilar de Argañán	10.951	WNW
		357	Villar de Ciervo	16.565	NW
		359	Villar de la Yegua	13.542	NW
		373	Villavieja de Yeltes	29.491	NNE
		378	Zamarra	17.777	SE

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A19.6 y A19.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A19.6 y A19.7. Los valores proceden del documento facilitado por Enusa para las emisiones del año 1999 (Enusa, 2008) el cual, junto con los datos anuales de mineral procesado y acumulado en eras, también han permitido reproducir las emisiones gaseosas para el período 1993-2003. Para las emisiones líquidas se ha recurrido a los informes semestrales de la instalación.

Como ya se ha indicado y es propio de este tipo de instalaciones en las que no se produce enriquecimiento del uranio, se considerará en equilibrio secular la cadena de descendientes del U-238 (Th-234, Pa-234m, Pa-234 y U-234). En la aproximación definitiva adoptada, se supondrá que estos isótopos están en equilibrio secular con el U-238 y, por tanto, tienen la misma actividad que éste, por lo que se simularán como si fueran un U-238 con un FCD que sea la suma de los de los isótopos de esta subcadena. De la misma manera, se supondrán como isótopos en equilibrio los descendientes de la cadena del Pb-210 (Bi-210 y Po-210), habitualmente con la misma actividad que el Ra-226.

Figura A19.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

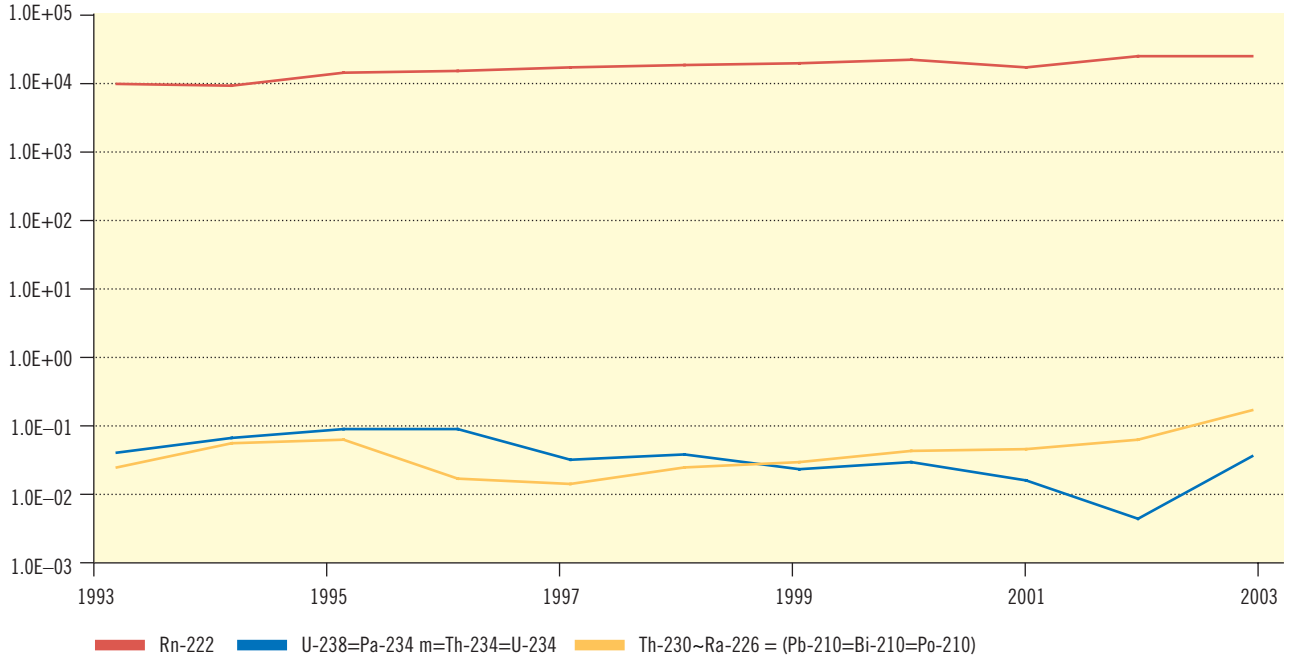


Figura A19.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

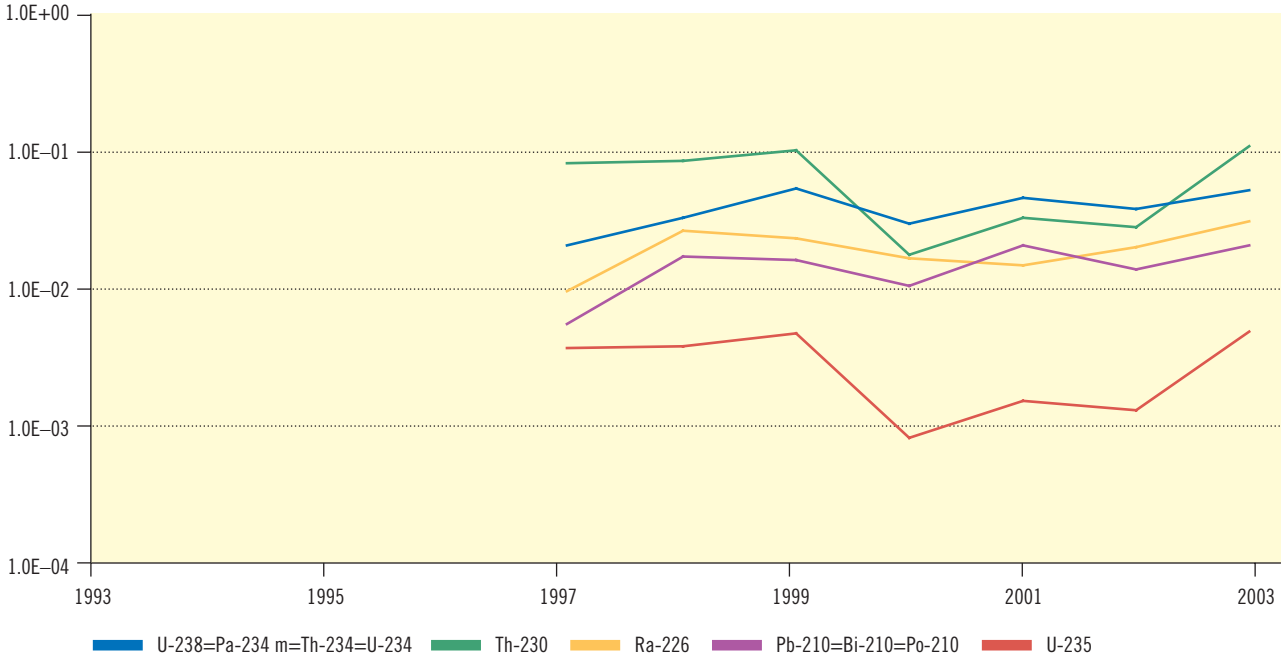


Tabla A19.6. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rn-222	9.66E+12	8.81E+12	1.39E+13	1.47E+13	1.67E+13	1.80E+13	1.90E+13	2.12E+13	1.66E+13	2.40E+13	2.39E+13
U-238(*)	3.73E+07	5.84E+07	7.96E+07	8.15E+07	2.83E+07	3.34E+07	2.09E+07	2.72E+07	1.43E+07	3.91E+06	3.24E+07
Th-230	2.24E+07	4.93E+07	5.78E+07	1.57E+07	1.29E+07	2.21E+07	2.66E+07	3.95E+07	4.19E+07	5.58E+07	1.48E+08
Ra-226	2.24E+07	4.93E+07	5.77E+07	1.55E+07	1.28E+07	2.20E+07	2.66E+07	3.94E+07	4.19E+07	5.58E+07	1.48E+08
Pb-210(**)	2.24E+07	4.93E+07	5.77E+07	1.55E+07	1.28E+07	2.20E+07	2.66E+07	3.94E+07	4.19E+07	5.58E+07	1.48E+08

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A19.7. Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
U-238(*)	0.00	0.00	0.00	0.00	7.84E+07	8.12E+07	9.91E+07	1.70E+07	3.18E+07	2.68E+07	1.04E+08
U-235	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53E+06	3.65E+06	4.46E+06	7.66E+05	1.43E+06	1.20E+06	4.66E+06
Th-230	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99E+07	3.15E+07	5.13E+07	2.84E+07	4.45E+07	3.62E+07	4.97E+07
Ra-226	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10E+06	2.49E+07	2.20E+07	1.57E+07	1.39E+07	1.91E+07	2.96E+07
Pb-210(**)	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31E+06	1.65E+07	1.54E+07	9.85E+06	1.99E+07	1.33E+07	1.98E+07

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A19.8. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.80E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	RG-1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

ENUSA (2008). *Estudio Epidemiológico. Cálculo de Dosis al Público Debidas a los Efluentes de la Planta Quercus del Año 1999*. Enusa.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

USNRC (1987). *Regulatory Guide 3.59:* "Methods for Estimating Radioactive and Toxic Airborne Source Terms for Uranium Milling Operations". Marzo 1987.

Anexo XX: Planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio

Provincia:	Salamanca
Comienzo de la operación:	1978
Fin de la operación:	1993
Estado actual:	En período de vigilancia tras desmantelamiento y restauración
Procesado anual:	450.000 Tm de mineral

La Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 16 de enero de 2001, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, autorizó el desmantelamiento de la antigua planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio del centro minero de Saelices el Chico sito en la provincia de Salamanca.

El desmantelamiento de la instalación se inició en 2001 con el acondicionamiento de los terrenos afectados por el extendido de las eras de minerales agotados, la demolición de las antiguas instalaciones y el traslado y vertido de residuos y escombros resultantes a un recinto preparado al efecto y cubierto por las eras extendidas.

En el año 2004 se concluyó el desmantelamiento de la instalación así como la restauración del emplazamiento afectado, quedando los estériles cubiertos por una cobertura de capa múltiple de material inerte. Esta cobertura actúa de protección contra la emisión de radón, como capa de protección contra la erosión y con una cubierta de tierra vegetal en la que se han dispuesto especies vegetales colonizadoras autóctonas.

A comienzos del año 2006 se inició el denominado periodo de vigilancia y cumplimiento que se contempla en el plan de desmantelamiento de la instalación, tras la restauración y estabilización de los estériles y antes de proceder a la clausura de la instalación. Durante este periodo se llevó a cabo un programa de vigilancia

y control del comportamiento de las obras realizadas, cuyo diseño fue apreciado favorablemente por el CSN.

Se presentan en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio desde la entrada en funcionamiento de la instalación (1978) hasta el año 2003 para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A20.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A20.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la planta Elefante se han considerado las actividades vertidas por efluentes líquidos y gaseosos de la instalación (tablas A20.6 y A20.7), con los hábitos alimenticios de la provincia de Salamanca. Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el caudal del río Águeda.

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe. En el caso de las instalaciones de minería y fabricación de concentrados, el esquema general de cálculo ha sido adaptado para considerar el carácter extenso de las fuentes emisoras con respecto a la distancia a los municipios considerados. Para ello se ha utilizado el código MILDOS-AREA que, en función de los datos meteorológicos y las características geométricas de las fuentes emisoras, proporciona las concentraciones en aire y suelo de los isótopos considerados en los distintos puntos de interés para la exposición a los efluentes gaseosos (gases y partículas). Estos valores se han utilizado para, de acuerdo a la metodología general presentada en el texto principal del documento, estimar las dosis recibidas por los individuos residentes en su entorno.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en el anexo IV.

Se considerarán cuatro períodos operativos de la instalación, de acuerdo a las diferentes fases de su vida:

- Explotación de la instalación: desde 1978 hasta junio de 1993.
- Parada: julio de 1993 hasta diciembre de 2000.
- Desmantelamiento / acondicionamiento: enero de 2001 a junio de 2004.
- Vigilancia y cumplimiento: desde enero de 2006.

Las actividades emitidas por isótopo se han obtenido del Estudio de Seguridad de las minas de Saelices, el cual, junto con los datos anuales de mineral procesado y acumulado en eras, ha permitido reproducir las emisiones gaseosas para el período de operación y de parada de acuerdo al método seguido por Enusa para la planta Quercus en el año 1999 (Enusa, 2008). El seguimiento anual del término fuente emitido al exterior ha sido particularmente complicado, al haberse dispuesto materia-

les de diversa ley sobre eras de material existente. De esta forma, para realizar la reconstrucción histórica del período de funcionamiento, se partió de la división en seis zonas de las 18 eras existentes al final del período de operación y previo a los trabajos de desmantelamiento de la que se parte en el Análisis de Impacto Radiológico Ambiental (AIRA) del Programa de Clausura (Enusa, 1996). A partir de ahí, de forma retrospectiva se asumió el apilamiento progresivo del mineral a razón de 450.000 Tm anuales de media, con el correspondiente incremento del tamaño de las eras. También se ha tenido en cuenta, al calcular el término fuente por emisión desde las eras de mineral, que el proceso de lixiviación era estático por aspersión sobre las propias eras, a diferencia de la planta Quercus, en donde las eras estaban secas por tener lugar la lixiviación de forma dinámica en celdas. Los datos anuales de emisión de carácter puntual (triturado, secado y envasado) han sido facilitadas por Enusa. Para determinar las emisiones líquidas se ha recurrido a los informes semestrales de la instalación. De forma conservadora, como se ha hecho en este tipo de instalaciones, en desconocimiento de la distribución de tamaños de partículas suspendidas en aire, se supondrá que las partículas emitidas tienen un tamaño uniforme e igual a 1μm, para utilizar el FCD más restrictivo del RPSRI. Para las fases de desmantelamiento y restauración, así como para el estado de la instalación en su período actual de vigilancia se ha hecho uso del AIRA incluido en el Programa de Clausura (Enusa, 1996), así como el Estudio de Impacto Radiológico Ambiental del Proyecto de Restauración Definitiva de las Instalaciones (Enusa, 2003). No se consideran efluentes líquidos durante esta fase.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se ha caracterizado en los municipios que se encuentran aguas abajo de la instalación y son ribereños o tienen captaciones de agua en el río Águeda. En ellos se considerarán las vías de exposición que se reflejan en la tabla A20.1 a excepción de la de ingestión de agua potable, al haberse constatado que no existen concesiones de agua para tal uso.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son las mismas que para la instalación Quercus:

Tabla A20.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

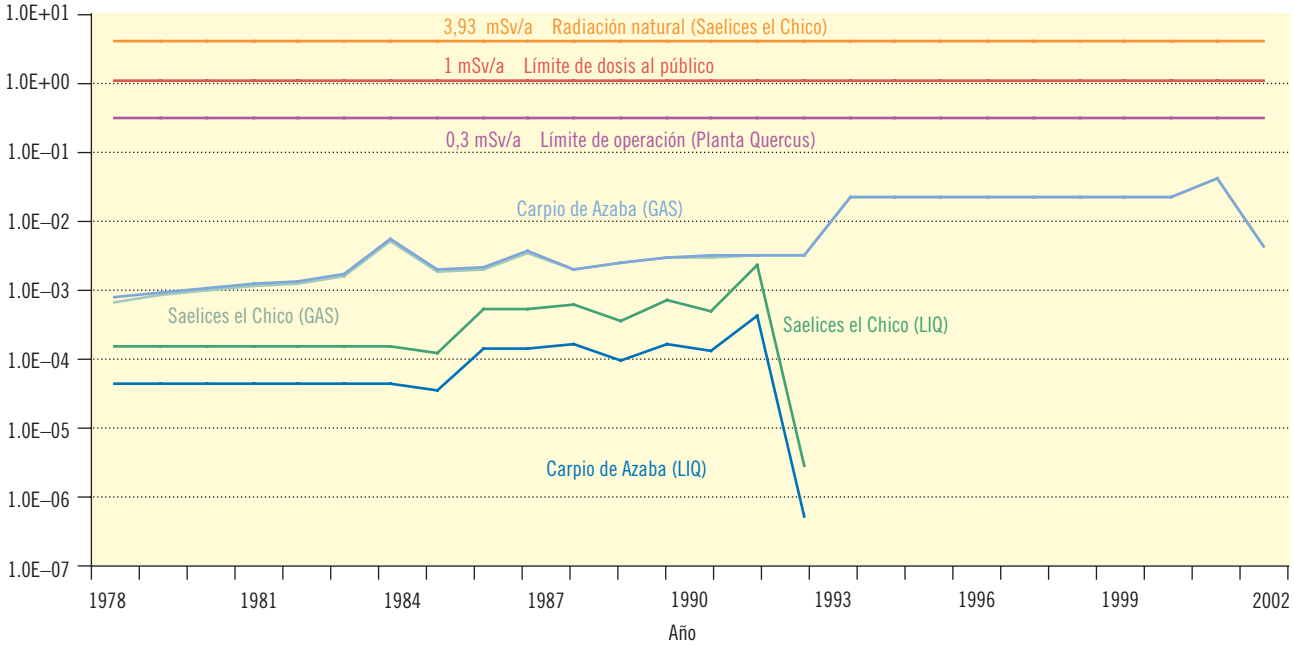
	Vías de exposición efluentes líquidos							
Municipios	Exposición orillas	Agua potable	Pescado río[1]	Vegetales	Leche vaca[2]	Leche cabra[2]	Carne vaca[2]	Carne cabra, cerdo y caza[2]
Ahigal de los Aceiteros, Carpio de Azaba, Puerto Seguro, San Felices de los Gallegos, Villar de Ciervo	✓	—	✓	—	✓	✓	✓	✓
Castillejo de Martín Viejo, Gallegos de Argañán, Vilar de Argañán, Villar de la Yegua	✓	—	✓	✓[3]	✓	✓	✓	✓
Fuentes de Oñoro	—	—	—	✓[3]	✓	✓	✓	✓
Saelices el Chico	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resto de poblaciones	—	—	—	—	—	—	—	—

[1] Se tiene en cuenta que la temporada de pesca dura seis meses al año si no hay piscifactoría.
[2] No se riega el pasto con agua contaminada pero el animal bebe agua contaminada.
[3] Se consideran contaminados sólo los vegetales de hoja.

Resultados

En la figura A20.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Saelices el Chico y Carpio de Azaba). En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la planta Quercus, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y la tasa anual de dosis por radiación natural en la población de Saelices el Chico.

Figura A20.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A20.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la planta Elefante.

La figura A20.2 ilustra la comparativa de la contribución de las distintas vías de exposición por efluentes líquidos y gaseosos para la localidad de Saelices el Chico en el último año completo en que la instalación ha estado operativa en el período del estudio (1992). Puede observarse que la principal vía de exposición por efluentes líquidos corresponde al consumo de alimentos vegetales, mientras que la vía predominante por efluentes gaseosos corresponde a la inhalación.

En la figura A20.3 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año completo de operación (1992), en comparación con el nivel de radiación natural de cada municipio.

En la figura A20.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. La figura A20.5 muestra los valores correspondientes a la radiación natural también durante dicho período.

En la tabla A20.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la

instalación para el grupo de edad de los adultos. Análogamente, la tabla A20.4 contiene los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de estudio.

Tabla A20.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1978 a 1990

Municipio	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Agallas	9.86E-05	1.20E-04	1.41E-04	1.58E-04	1.77E-04	2.15E-04	5.63E-04	2.55E-04	2.73E-04	4.04E-04	2.56E-04	3.11E-04	3.59E-04
Ahigal de los Aceiteros	1.08E-04	1.23E-04	1.38E-04	1.49E-04	1.62E-04	1.86E-04	3.76E-04	2.05E-04	3.11E-04	3.77E-04	3.21E-04	2.91E-04	3.81E-04
Alameda de Gardón	3.59E-04	4.34E-04	5.11E-04	5.69E-04	6.36E-04	7.55E-04	1.63E-03	8.95E-04	9.61E-04	1.24E-03	8.95E-04	1.05E-03	1.19E-03
Alamedilla (La)	9.75E-05	1.18E-04	1.39E-04	1.55E-04	1.74E-04	2.11E-04	5.40E-04	2.50E-04	2.68E-04	3.89E-04	2.50E-04	3.03E-04	3.48E-04
Alba de Yeltes	7.49E-05	9.11E-05	1.08E-04	1.20E-04	1.35E-04	1.63E-04	4.02E-04	1.93E-04	2.07E-04	2.95E-04	1.95E-04	2.34E-04	2.68E-04
Aldea del Obispo	2.49E-04	3.02E-04	3.56E-04	3.97E-04	4.45E-04	5.21E-04	9.92E-04	6.20E-04	6.66E-04	7.97E-04	6.25E-04	7.19E-04	8.05E-04
Atalaya (La)	1.31E-04	1.59E-04	1.88E-04	2.10E-04	2.36E-04	2.89E-04	7.92E-04	3.43E-04	3.68E-04	5.63E-04	3.47E-04	4.24E-04	4.91E-04
Bañobarez	8.70E-05	1.06E-04	1.25E-04	1.39E-04	1.56E-04	1.92E-04	5.33E-04	2.27E-04	2.43E-04	3.77E-04	2.28E-04	2.80E-04	3.25E-04
Bodón (El)	1.18E-04	1.43E-04	1.69E-04	1.88E-04	2.11E-04	2.60E-04	7.44E-04	3.08E-04	3.30E-04	5.18E-04	3.09E-04	3.81E-04	4.44E-04
Bouza (La)	9.10E-05	1.10E-04	1.30E-04	1.45E-04	1.62E-04	1.91E-04	3.79E-04	2.27E-04	2.44E-04	3.00E-04	2.29E-04	2.65E-04	2.98E-04
Campillo de Azaba	1.42E-04	1.74E-04	2.05E-04	2.30E-04	2.58E-04	3.19E-04	9.29E-04	3.78E-04	4.05E-04	6.47E-04	3.82E-04	4.73E-04	5.51E-04
Carpio de Azaba	7.17E-04	8.62E-04	1.01E-03	1.12E-03	1.25E-03	1.57E-03	5.08E-03	1.84E-03	2.06E-03	3.47E-03	1.95E-03	2.38E-03	2.85E-03
Castillejo de Martín Viejo	3.58E-04	4.27E-04	4.98E-04	5.51E-04	6.14E-04	7.56E-04	2.22E-03	8.76E-04	1.06E-03	1.67E-03	1.04E-03	1.17E-03	1.44E-03
Castraz	6.07E-05	7.39E-05	8.73E-05	9.75E-05	1.09E-04	1.32E-04	3.16E-04	1.56E-04	1.68E-04	2.34E-04	1.58E-04	1.89E-04	2.16E-04
Ciudad Rodrigo	5.14E-04	6.33E-04	7.53E-04	8.45E-04	9.52E-04	1.21E-03	4.12E-03	1.44E-03	1.54E-03	2.78E-03	1.48E-03	1.89E-03	2.23E-03
Dios le Guarde	8.36E-05	1.02E-04	1.20E-04	1.34E-04	1.51E-04	1.82E-04	4.57E-04	2.16E-04	2.32E-04	3.35E-04	2.19E-04	2.63E-04	3.02E-04
Encina (La)	1.37E-04	1.67E-04	1.97E-04	2.20E-04	2.47E-04	3.05E-04	8.80E-04	3.61E-04	3.87E-04	6.15E-04	3.65E-04	4.51E-04	5.24E-04
Espeja	2.68E-04	3.25E-04	3.83E-04	4.27E-04	4.78E-04	5.96E-04	1.83E-03	7.04E-04	7.54E-04	1.25E-03	7.03E-04	8.82E-04	1.03E-03
Fuenteguinaldo	6.59E-05	7.99E-05	9.42E-05	1.05E-04	1.18E-04	1.43E-04	3.73E-04	1.69E-04	1.82E-04	2.67E-04	1.70E-04	2.06E-04	2.37E-04
Fuenteliante	7.55E-05	9.18E-05	1.08E-04	1.21E-04	1.35E-04	1.66E-04	4.47E-04	1.96E-04	2.10E-04	3.18E-04	1.97E-04	2.41E-04	2.78E-04
Fuentes de Oñoro	4.55E-04	4.92E-04	5.30E-04	5.59E-04	5.93E-04	6.59E-04	1.23E-03	6.56E-04	1.54E-03	1.75E-03	1.61E-03	1.22E-03	2.15E-03
Gallegos de Argañán	8.19E-04	9.28E-04	1.04E-03	1.12E-03	1.22E-03	1.41E-03	3.06E-03	1.53E-03	2.55E-03	3.15E-03	2.58E-03	2.32E-03	3.45E-03
Heguijuela de Ciudad Rodrigo	9.93E-05	1.21E-04	1.43E-04	1.59E-04	1.78E-04	2.18E-04	5.90E-04	2.59E-04	2.77E-04	4.20E-04	2.60E-04	3.18E-04	3.67E-04
Ituero de Azaba	1.05E-04	1.29E-04	1.52E-04	1.70E-04	1.91E-04	2.35E-04	6.60E-04	2.79E-04	2.99E-04	4.66E-04	2.83E-04	3.48E-04	4.03E-04
Martiago	9.48E-05	1.15E-04	1.36E-04	1.52E-04	1.70E-04	2.07E-04	5.42E-04	2.45E-04	2.63E-04	3.90E-04	2.47E-04	2.99E-04	3.45E-04
Morasverdes	8.51E-05	1.04E-04	1.22E-04	1.37E-04	1.53E-04	1.85E-04	4.61E-04	2.20E-04	2.36E-04	3.38E-04	2.23E-04	2.68E-04	3.07E-04
Olmedo de Camaces	7.61E-05	9.24E-05	1.09E-04	1.21E-04	1.36E-04	1.66E-04	4.34E-04	1.96E-04	2.10E-04	3.10E-04	1.97E-04	2.39E-04	2.75E-04
Pastores	1.70E-04	2.06E-04	2.44E-04	2.72E-04	3.05E-04	3.79E-04	1.12E-03	4.48E-04	4.80E-04	7.72E-04	4.51E-04	5.60E-04	6.54E-04
Puebla de Azaba	8.52E-05	1.04E-04	1.22E-04	1.36E-04	1.53E-04	1.86E-04	4.85E-04	2.20E-04	2.36E-04	3.48E-04	2.22E-04	2.69E-04	3.10E-04
Puerto Seguro	1.33E-04	1.53E-04	1.73E-04	1.89E-04	2.07E-04	2.39E-04	4.72E-04	2.68E-04	3.79E-04	4.57E-04	3.86E-04	3.65E-04	4.64E-04
Retortillo	4.76E-05	5.78E-05	6.82E-05	7.61E-05	8.53E-05	1.03E-04	2.51E-04	1.22E-04	1.31E-04	1.85E-04	1.23E-04	1.47E-04	1.69E-04
Robleda	5.43E-05	6.60E-05	7.78E-05	8.68E-05	9.73E-05	1.17E-04	2.84E-04	1.39E-04	1.49E-04	2.09E-04	1.40E-04	1.68E-04	1.92E-04
Saelices el Chico	7.43E-04	8.90E-04	1.04E-03	1.15E-03	1.28E-03	1.58E-03	4.69E-03	1.83E-03	2.33E-03	3.65E-03	2.35E-03	2.57E-03	3.28E-03
Sancti-Spiritus	6.96E-05	8.49E-05	1.01E-04	1.12E-04	1.26E-04	1.53E-04	3.92E-04	1.82E-04	1.96E-04	2.85E-04	1.85E-04	2.23E-04	2.57E-04
San Felices de los Gallegos	1.22E-04	1.40E-04	1.58E-04	1.72E-04	1.88E-04	2.19E-04	4.80E-04	2.43E-04	3.52E-04	4.47E-04	3.59E-04	3.40E-04	4.38E-04
Saugo (El)	7.34E-05	8.90E-05	1.05E-04	1.17E-04	1.31E-04	1.59E-04	4.04E-04	1.88E-04	2.02E-04	2.92E-04	1.89E-04	2.28E-04	2.62E-04
Serradilla del Arroyo	1.19E-04	1.45E-04	1.72E-04	1.92E-04	2.15E-04	2.64E-04	7.09E-04	3.12E-04	3.35E-04	5.06E-04	3.16E-04	3.85E-04	4.45E-04
Serradilla del Llano	1.11E-04	1.36E-04	1.60E-04	1.79E-04	2.01E-04	2.45E-04	6.47E-04	2.90E-04	3.11E-04	4.64E-04	2.93E-04	3.56E-04	4.11E-04
Tenebrón	1.10E-04	1.35E-04	1.60E-04	1.78E-04	2.00E-04	2.45E-04	6.56E-04	2.91E-04	3.12E-04	4.70E-04	2.95E-04	3.60E-04	4.15E-04

Tabla A20.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1978 a 1990 (continuación)

Municipio	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Vilar de Argañán	5.35E-04	6.40E-04	7.46E-04	8.27E-04	9.21E-04	1.09E-03	2.34E-03	1.27E-03	1.48E-03	1.91E-03	1.43E-03	1.57E-03	1.86E-03
Villar de Ciervo	2.27E-04	2.68E-04	3.09E-04	3.40E-04	3.76E-04	4.38E-04	8.75E-04	5.04E-04	6.33E-04	7.71E-04	6.24E-04	6.41E-04	7.74E-04
Villar de la Yegua	2.79E-04	3.29E-04	3.80E-04	4.19E-04	4.64E-04	5.48E-04	1.24E-03	6.31E-04	7.95E-04	1.04E-03	7.85E-04	8.22E-04	1.01E-03
Villavieja de Yeltes	5.76E-05	7.00E-05	8.26E-05	9.22E-05	1.03E-04	1.26E-04	3.37E-04	1.50E-04	1.60E-04	2.41E-04	1.50E-04	1.83E-04	2.12E-04
Zamarra	1.62E-04	1.97E-04	2.33E-04	2.60E-04	2.91E-04	3.60E-04	1.03E-03	4.26E-04	4.57E-04	7.22E-04	4.30E-04	5.31E-04	6.17E-04

Tabla A20.2 (2/2). Dosis efectiva adultos (mSv/año) años 1991 a 2003

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Agallas	3.74E-04	4.00E-04	4.00E-04	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	2.91E-03	5.54E-03	5.95E-04
Ahigal de los Aceiteros	3.62E-04	6.42E-04	2.76E-04	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	2.02E-03	3.80E-03	4.16E-04
Alameda de Gardón	1.26E-03	1.37E-03	1.40E-03	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.03E-02	1.95E-02	2.11E-03
Alamedilla (La)	3.64E-04	3.90E-04	3.91E-04	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	2.84E-03	5.41E-03	5.83E-04
Alba de Yeltes	2.81E-04	3.02E-04	3.05E-04	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	2.22E-03	4.22E-03	4.57E-04
Aldea del Obispo	8.55E-04	9.40E-04	9.78E-04	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	7.26E-03	1.36E-02	1.50E-03
Atalaya (La)	5.11E-04	5.44E-04	5.41E-04	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	3.92E-03	7.52E-03	8.01E-04
Bañobarez	3.38E-04	3.59E-04	3.55E-04	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	2.57E-03	4.90E-03	5.26E-04
Bodón (El)	4.61E-04	4.88E-04	4.81E-04	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	3.47E-03	6.68E-03	7.07E-04
Bouza (La)	3.16E-04	3.46E-04	3.59E-04	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	2.65E-03	4.95E-03	5.48E-04
Campillo de Azaba	5.72E-04	6.05E-04	5.96E-04	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	4.29E-03	8.32E-03	8.75E-04
Carpio de Azaba	2.90E-03	3.28E-03	2.80E-03	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	1.99E-02	3.94E-02	4.01E-03
Castillejo de Martín Viejo	1.44E-03	1.90E-03	1.33E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	9.53E-03	1.87E-02	1.94E-03
Castraz	2.26E-04	2.44E-04	2.47E-04	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	1.81E-03	3.42E-03	3.72E-04
Ciudad Rodrigo	2.29E-03	2.39E-03	2.29E-03	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	1.63E-02	3.24E-02	3.30E-03
Dios le Guarde	3.16E-04	3.39E-04	3.41E-04	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	2.49E-03	4.72E-03	5.11E-04
Encina (La)	5.45E-04	5.76E-04	5.68E-04	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	4.09E-03	7.91E-03	8.35E-04
Espeja	1.07E-03	1.12E-03	1.09E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	7.83E-03	1.52E-02	1.59E-03
Fuenteguinaldo	2.48E-04	2.65E-04	2.65E-04	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	1.92E-03	3.67E-03	3.94E-04
Fuenteliante	2.90E-04	3.09E-04	3.08E-04	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	4.24E-03	4.57E-04
Fuentes de Oñoro	1.63E-03	6.37E-03	7.11E-04	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	5.13E-03	9.75E-03	1.05E-03
Gallegos de Argañán	2.96E-03	8.01E-03	2.04E-03	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	1.48E-02	2.86E-02	3.02E-03
Heguijuela de Ciudad Rodrigo	3.83E-04	4.08E-04	4.06E-04	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	2.94E-03	5.64E-03	6.02E-04
Ituero de Azaba	4.20E-04	4.46E-04	4.42E-04	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	3.19E-03	6.16E-03	6.52E-04
Martiago	3.60E-04	3.85E-04	3.85E-04	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	2.79E-03	5.34E-03	5.72E-04
Morasverdes	3.21E-04	3.45E-04	3.48E-04	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	2.54E-03	4.81E-03	5.21E-04
Olmedo de Camaces	2.87E-04	3.07E-04	3.07E-04	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	2.23E-03	4.23E-03	4.57E-04
Pastores	6.78E-04	7.16E-04	7.03E-04	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	5.05E-03	9.78E-03	1.03E-03
Puebla de Azaba	3.24E-04	3.46E-04	3.46E-04	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	2.51E-03	4.80E-03	5.15E-04
Puerto Seguro	4.50E-04	7.39E-04	3.78E-04	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	2.78E-03	5.21E-03	5.72E-04
Retortillo	1.77E-04	1.90E-04	1.92E-04	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	2.65E-03	2.89E-04
Robleda	2.01E-04	2.17E-04	2.19E-04	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.60E-03	3.04E-03	3.29E-04
Saelices el Chico	3.18E-03	4.96E-03	2.81E-03	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	3.97E-02	4.07E-03
Sancti-Spiritus	2.68E-04	2.88E-04	2.89E-04	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	2.11E-03	4.02E-03	4.32E-04

Tabla A20.2 (2/2). Dosis efectiva adultos (mSv/año) años 1991 a 2003 (continuación)

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
San Felices de los Gallegos	4.21E-04	7.04E-04	3.35E-04	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	2.44E-03	4.62E-03	5.02E-04
Saugo (El)	2.74E-04	2.94E-04	2.95E-04	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	2.15E-03	4.08E-03	4.40E-04
Serradilla del Arroyo	4.64E-04	4.95E-04	4.93E-04	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	3.57E-03	6.84E-03	7.32E-04
Serradilla del Llano	4.29E-04	4.58E-04	4.57E-04	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	3.32E-03	6.34E-03	6.80E-04
Tenebrón	4.33E-04	4.62E-04	4.61E-04	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	3.34E-03	6.40E-03	6.85E-04
Vilar de Argañán	1.90E-03	2.44E-03	1.95E-03	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	2.73E-02	2.93E-03
Villar de Ciervo	7.79E-04	1.10E-03	7.50E-04	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	5.53E-03	1.04E-02	1.14E-03
Villar de la Yegua	1.00E-03	1.46E-03	9.40E-04	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	6.87E-03	1.31E-02	1.41E-03
Villavieja de Yeltes	2.21E-04	2.35E-04	2.35E-04	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	3.23E-03	3.49E-04
Zamarra	6.41E-04	6.79E-04	6.69E-04	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	4.82E-03	9.31E-03	9.85E-04

Figura A20.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos *(Total: 2.09E-03 mSv/año)* en el municipio de Saelices el Chico, año 1992

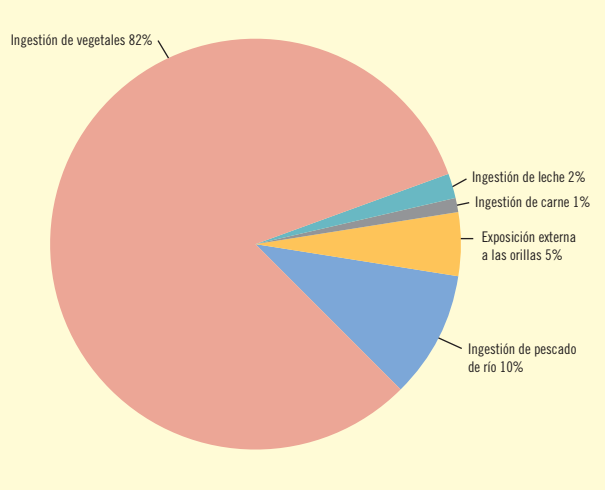


Figura A20.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos *(Total: 2.93E-03 mSv/año)* en el municipio de Saelices el Chico, año 1992

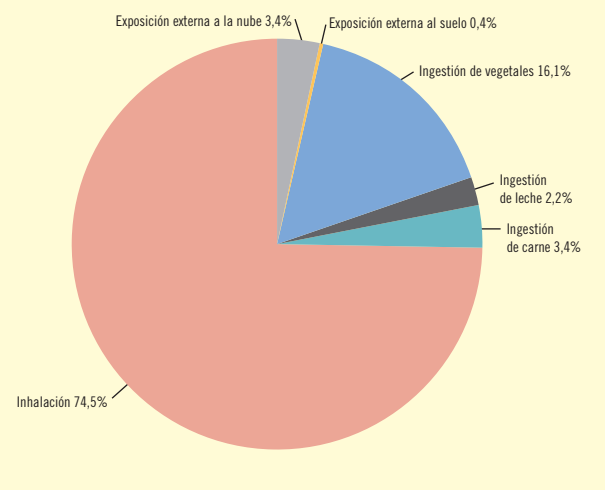


Figura A20.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) al individuo adulto en las localidades del entorno de 30 km en el año 1992

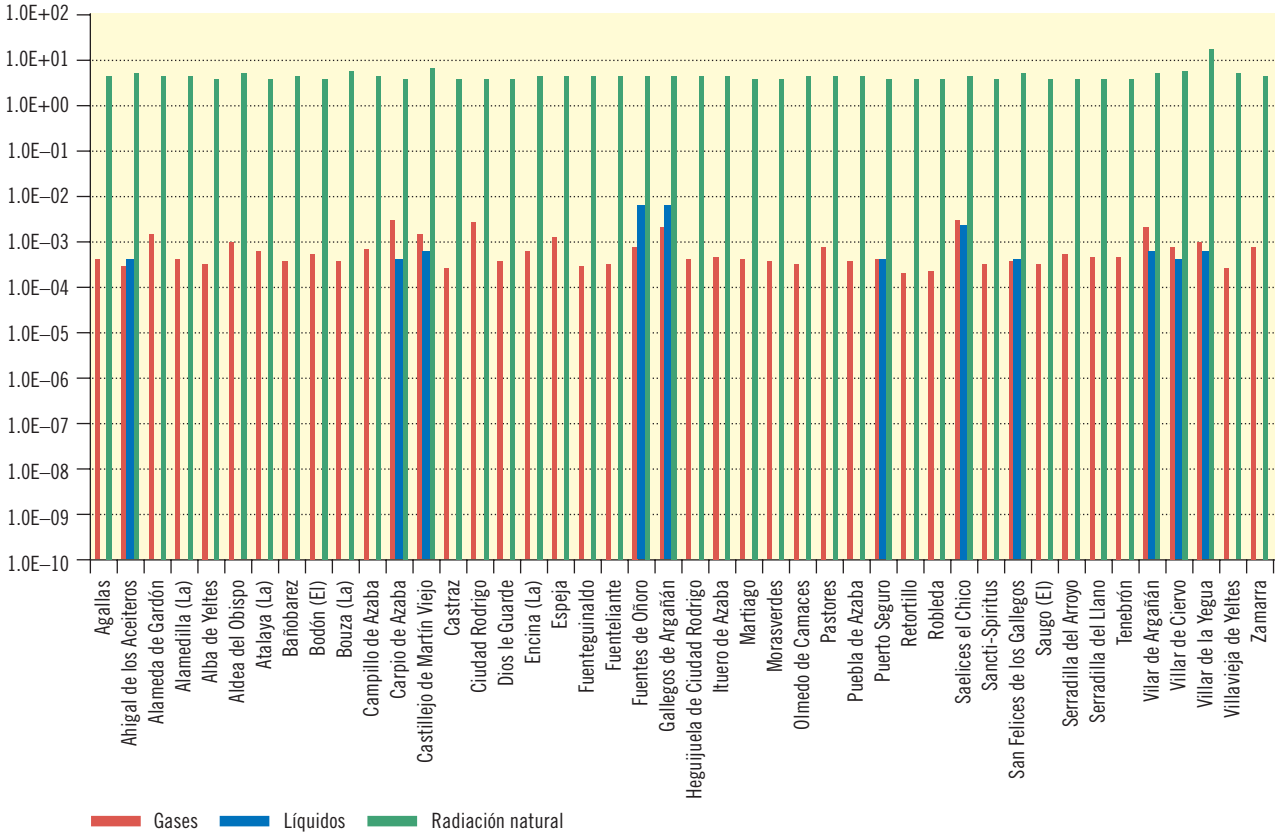


Figura A20.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la instalación en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1978-2003

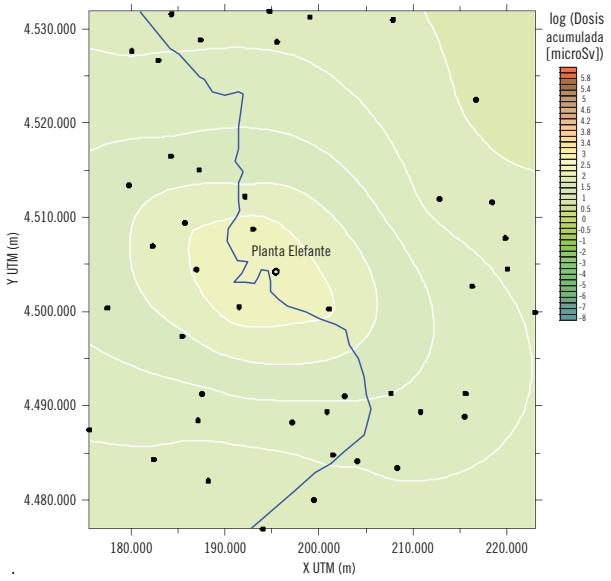


Figura A20.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1978-2003

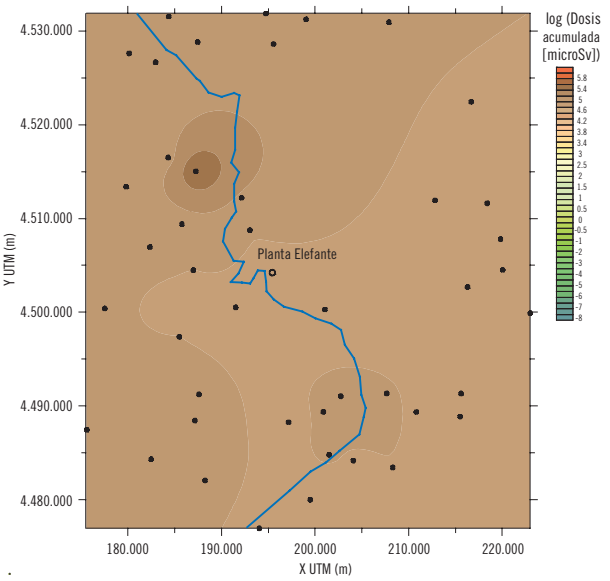


Tabla A20.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Agallas	3.39E-02
Ahigal de los Aceiteros	2.48E-02
Alameda de Gardón	1.19E-01
Alamedilla (La)	3.31E-02
Alba de Yeltes	2.58E-02
Aldea del Obispo	8.34E-02
Atalaya (La)	4.58E-02
Bañobarez	3.00E-02
Bodón (El)	4.07E-02
Bouza (La)	3.05E-02
Campillo de Azaba	5.04E-02
Carpio de Azaba	2.38E-01
Castillejo de Martín Viejo	1.14E-01
Castraz	2.10E-02
Ciudad Rodrigo	1.93E-01
Dios le Guarde	2.89E-02
Encina (La)	4.80E-02
Espeja	9.23E-02
Fuenteguinaldo	2.24E-02
Fuenteliante	2.60E-02
Fuentes de Oñoro	7.40E-02
Gallegos de Argañán	1.88E-01

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Heguijuela de Ciudad Rodrigo	3.44E-02
Ituero de Azaba	3.74E-02
Martiago	3.26E-02
Morasverdes	2.95E-02
Olmedo de Camaces	2.60E-02
Pastores	5.94E-02
Puebla de Azaba	2.93E-02
Puerto Seguro	3.34E-02
Retortillo	1.63E-02
Robleda	1.86E-02
Saelices el Chico	2.43E-01
Sancti-Spiritus	2.45E-02
San Felices de los Gallegos	2.98E-02
Saugo (El)	2.50E-02
Serradilla del Arroyo	4.17E-02
Serradilla del Llano	3.87E-02
Tenebrón	3.90E-02
Vilar de Argañán	1.68E-01
Villar de Ciervo	6.52E-02
Villar de la Yegua	8.16E-02
Villavieja de Yeltes	1.98E-02
Zamarra	5.66E-02

Tabla A20.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1978-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Agallas	1,80	0,05	0,30	0,14	0,82	0,40	0,33	3,84	61,44
Ahigal de los Aceiteros	1,80	0,05	0,30	0,26	1,52	0,37	0,33	4,62	73,99
Alameda de Gardón (La)	1,80	0,05	0,30	0,18	1,03	0,38	0,33	4,07	65,15
Alamedilla (La)	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,39	0,33	3,96	63,40
Alba de Yeltes	1,80	0,05	0,30	0,10	0,55	0,39	0,33	3,51	56,20
Aldea del Obispo	1,80	0,05	0,30	0,25	1,46	0,38	0,33	4,57	73,05
Atalaya (La)	1,80	0,05	0,30	0,13	0,78	0,40	0,33	3,79	60,65
Bañobarez	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,38	0,33	3,95	63,12
Bodón (El)	1,80	0,05	0,30	0,13	0,78	0,39	0,33	3,78	60,51
Bouza (La)	1,80	0,05	0,30	0,30	1,76	0,36	0,33	4,90	78,46
Campillo de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,16	0,92	0,37	0,33	3,93	62,87
Carpio de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,14	0,81	0,37	0,33	3,80	60,84
Castillejo de Martín Viejo	3,40	0,05	0,30	0,17	0,99	0,37	0,33	5,61	89,77
Castraz	1,80	0,05	0,30	0,10	0,59	0,39	0,33	3,56	56,98
Ciudad-Rodrigo	1,80	0,05	0,30	0,12	0,69	0,37	0,33	3,66	58,54
Dios le Guarde	1,80	0,05	0,30	0,09	0,51	0,40	0,33	3,48	55,67
Encina (La)	1,80	0,05	0,30	0,15	0,85	0,40	0,33	3,88	62,10
Espeja	1,80	0,05	0,30	0,15	0,84	0,38	0,33	3,85	61,57
Fuenteguinaldo	1,80	0,05	0,30	0,15	0,90	0,41	0,33	3,94	63,09
Fuenteliante	1,80	0,05	0,30	0,18	1,04	0,38	0,33	4,08	65,32
Fuentes de Oñoro	1,80	0,05	0,30	0,15	0,88	0,38	0,33	3,89	62,23
Gallegos de Argañán	1,80	0,05	0,30	0,14	0,84	0,37	0,33	3,83	61,33
Herguijuela de Ciudad-Rodrigo	1,80	0,05	0,30	0,15	0,87	0,39	0,33	3,89	62,19
Ituero de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,37	0,33	3,94	63,01
Martiago	1,80	0,05	0,30	0,14	0,78	0,40	0,33	3,80	60,78
Morasverdes	1,80	0,05	0,30	0,09	0,49	0,41	0,33	3,46	55,44
Olmedo de Camaces	1,80	0,05	0,30	0,18	1,07	0,38	0,33	4,11	65,82
Pastores	1,80	0,05	0,30	0,16	0,93	0,39	0,33	3,96	63,29
Puebla de Azaba	1,80	0,05	0,30	0,17	0,99	0,37	0,33	4,01	64,11
Puerto Seguro	0,80	0,05	0,30	0,28	1,67	0,37	0,33	3,80	60,78
Retortillo	1,80	0,05	0,30	0,09	0,49	0,39	0,33	3,45	55,24
Robleda	1,80	0,05	0,30	0,13	0,76	0,40	0,33	3,77	60,30
Saelices el Chico	1,80	0,05	0,30	0,16	0,92	0,37	0,33	3,93	62,84
Sancti-Spiritus	1,80	0,05	0,30	0,10	0,57	0,39	0,33	3,54	56,65
San Felices de los Gallegos	1,80	0,05	0,30	0,25	1,44	0,37	0,33	4,54	72,59
Saugo (El)	1,80	0,05	0,30	0,12	0,71	0,40	0,33	3,71	59,41
Serradilla del Arroyo	1,80	0,05	0,30	0,09	0,52	0,41	0,33	3,50	56,07
Serradilla del Llano	1,80	0,05	0,30	0,11	0,66	0,41	0,33	3,66	58,63
Tenebrón	1,80	0,05	0,30	0,08	0,47	0,40	0,33	3,43	54,90
Vilar de Argañán	2,70	0,05	0,30	0,15	0,87	0,38	0,33	4,78	76,50
Villar de Ciervo	2,30	0,05	0,30	0,24	1,40	0,37	0,33	4,99	79,89
Villar de la Yegua	12,90	0,05	0,30	0,21	1,24	0,38	0,33	15,41	246,61
Villavieja de Yeltes	2,70	0,05	0,30	0,15	0,89	0,38	0,33	4,81	76,88
Zamarra	1,80	0,05	0,30	0,15	0,89	0,39	0,33	3,92	62,71

Tabla A20.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
37	Salamanca	2	Agallas	24.474	SSE
		3	Ahigal de los Aceiteros	29.490	NNW
		5	Alameda de Gardon (La)	13.362	WNW
		6	Alamedilla (La)	25.957	SW
		9	Alba de Yeltes	24.668	E
		15	Aldea del Obispo	18.105	WNW
		37	Atalaya (La)	21.419	SE
		39	Bañobarez	24.393	N
		54	Bodón (El)	16.073	S
		56	Bouza (La)	27.963	NNW
		74	Campillo de Azaba	15.162	SSW
		86	Carpio de Azaba	5.393	SW
		96	Castillejo de Martín Viejo	8.621	NNW
		97	Castraz	24.151	ENE
		107	Ciudad-Rodrigo	6.877	SE
		115	Dios le Guarde	24.621	E
		119	Encina (La)	15.829	SSE
		127	Espeja	12.055	SW
		136	Fuenteguinaldo	23.309	SSW
		137	Fuenteliante	27.273	N
		140	Fuentes de Oñoro	18.307	WSW
		145	Gallegos de Argañán	8.443	W
		157	Herguijuela de Ciudad-Rodrigo	20.368	SSE
		166	Ituero de Azaba	17.819	SSW
		181	Martiago	21.857	SSE
		204	Morasverdes	27.911	E
		223	Olmedo de Camaces	27.650	N
		233	Pastores	15.095	SSE
		258	Puebla de Azaba	23.751	SSW
		264	Puerto Seguro	25.673	NNW
		267	Retortillo	28.014	NE
		269	Robleda	27.323	S
		272	Saelices el Chico	5.121	NNW
		279	Sancti-Spiritus	19.031	ENE
		285	San Felices de los Gallegos	25.868	NNW
		303	Saugo (El)	24.572	S
		306	Serradilla del Arroyo	23.956	ESE
		307	Serradilla del Llano	25.294	SE
		321	Tenebrón	20.931	E
		356	Vilar de Argañán	10.951	WNW
		357	Villar de Ciervo	16.565	NW
		359	Villar de la Yegua	13.542	NW
		373	Villavieja de Yeltes	29.491	NNE
		378	Zamarra	17.777	SE

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A20.6 y A20.7 y desglosadas por isótopos en las tablas A20.6 y A20.7. Las actividades emitidas por isótopo se han obtenido del Estudio de Seguridad de las minas de Saelices, que, unido a los datos anuales de mineral procesado y acumulado en eras, ha permitido reproducir las emisiones gaseosas para el período de operación y de parada de acuerdo al método seguido por Enusa para la planta Quercus en el año 1999 (Enusa, 2008), situada en el mismo emplazamiento. Para determinar las emisiones líquidas se ha recurrido a los informes semestrales de la instalación. Para las fases de desmantelamiento y restauración, así como para el estado de la instalación en su período actual de vigilancia se ha hecho uso del Análisis de Impacto Radiológico Ambiental (AIRA) incluido en el Programa de Clausura (Enusa, 1996), así como el Estudio de Impacto Radiológico Ambiental del Proyecto de Restauración Definitiva de las Instalaciones (Enusa, 2003).

Como ya se ha indicado, y es propio de este tipo de instalaciones en las que no se produce enriquecimiento del uranio, se considerará en equilibrio secular la cadena de descendientes del U-238 (Th-234, Pa-234m, Pa-234 y U-234). En la aproximación definitiva adoptada, se supondrá que estos isótopos están en equilibrio secular con el U-238 y, por tanto, tienen la misma actividad que éste, por lo que se simularán como si fueran un U-238 con un FCD que sea la suma de los de los isótopos de esta subcadena. De la misma manera, se supondrán como isótopos en equilibrio los descendientes de la cadena del Pb-210 (Bi-210 y Po-210), habitualmente con la misma actividad que el Ra-226.

Figura A20.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

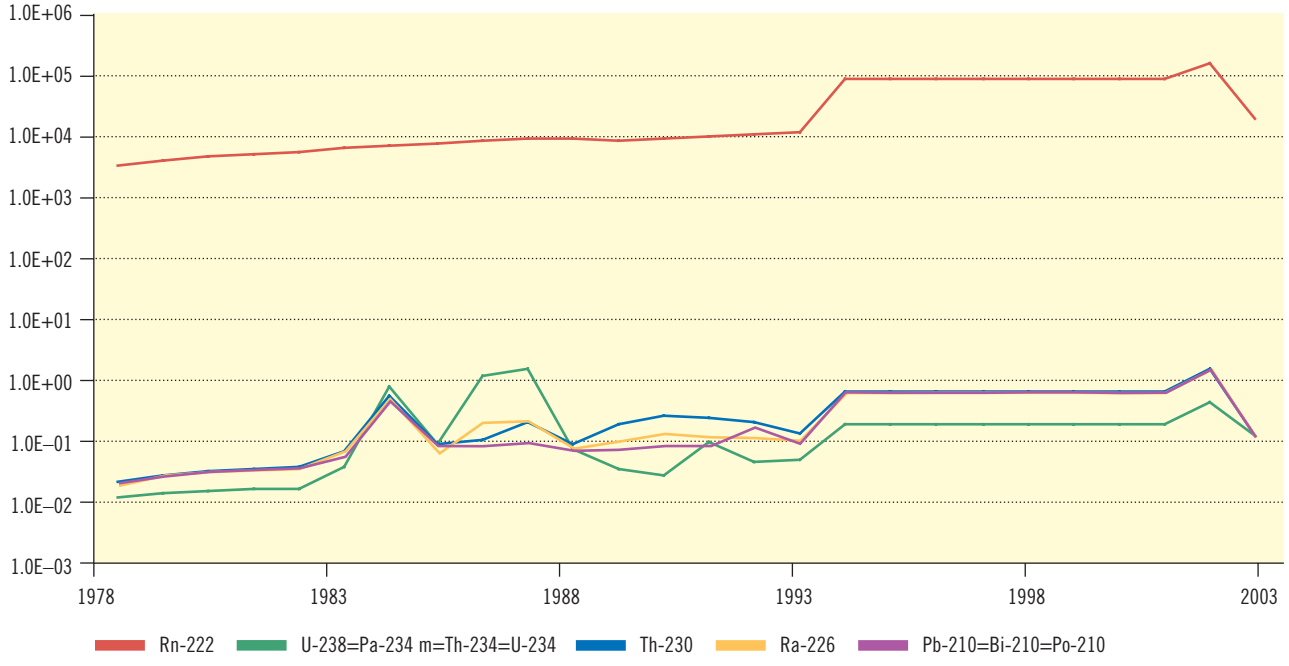


Figura A20.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

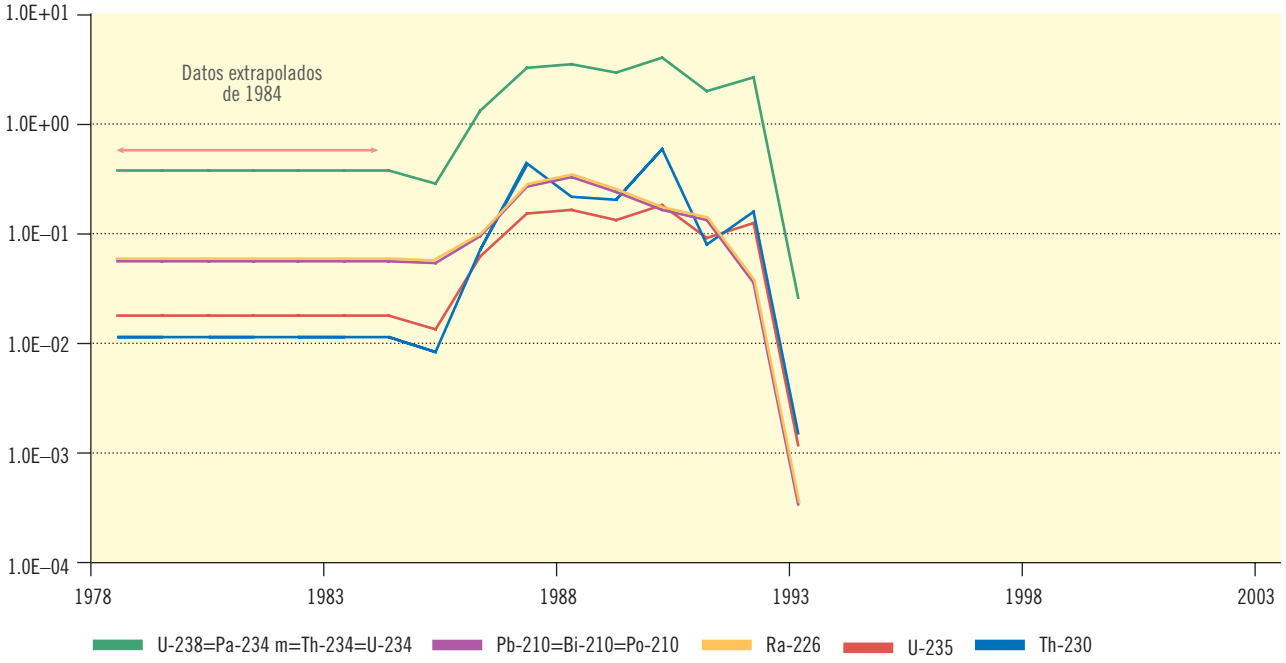


Tabla A20.6. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Rn-222	2.90E+12	3.50E+12	4.11E+12	4.57E+12	5.11E+12	5.74E+12	6.30E+12	6.85E+12	7.37E+12	7.89E+12	8.29E+12	7.46E+12	8.03E+12
U-238(*)	1.00E+07	1.11E+07	1.22E+07	1.31E+07	1.41E+07	3.24E+07	6.58E+08	7.25E+07	9.90E+08	1.30E+09	6.25E+07	2.81E+07	2.18E+07
Th-230	1.76E+07	2.18E+07	2.60E+07	2.92E+07	3.29E+07	5.52E+07	4.50E+08	7.17E+07	8.41E+07	1.72E+08	7.34E+07	1.51E+08	2.15E+08
Ra-226	1.76E+07	2.17E+07	2.59E+07	2.91E+07	3.28E+07	5.87E+07	4.44E+08	5.56E+07	1.66E+08	1.83E+08	6.52E+07	8.60E+07	1.09E+08
Pb-210(**)	1.76E+07	2.17E+07	2.59E+07	2.91E+07	3.28E+07	4.86E+07	4.12E+08	7.34E+07	7.13E+07	7.99E+07	6.09E+07	6.02E+07	7.09E+07

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rn-222	8.74E+12	9.94E+12	1.08E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	8.23E+13	1.49E+14	1.72E+13
U-238(*)	8.23E+07	3.71E+07	4.12E+07	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	3.73E+08	1.01E+08
Th-230	1.94E+08	1.73E+08	1.09E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	5.68E+08	1.29E+09	1.01E+08
Ra-226	1.04E+08	1.02E+08	8.60E+07	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	1.29E+09	1.01E+08
Pb-210(**)	7.29E+07	1.42E+08	7.79E+07	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	5.65E+08	1.29E+09	1.01E+08

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A20.7. Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
U-238(*)	3.83E+08	3.83E+08	3.83E+08	3.83E+08	3.83E+08	3.83E+08	3.83E+08	2.88E+08	1.34E+09	3.36E+09	3.60E+09	2.94E+09	4.02E+09
U-235	1.73E+07	1.73E+07	1.73E+07	1.73E+07	1.73E+07	1.73E+07	1.73E+07	1.29E+07	6.03E+07	1.51E+08	1.62E+08	1.32E+08	1.81E+08
Th-230	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	7.98E+06	7.02E+07	4.21E+08	2.17E+08	1.98E+08	6.04E+08
Ra-226	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.36E+07	9.25E+07	2.70E+08	3.34E+08	2.43E+08	1.63E+08
Pb-210(**)	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.47E+07	5.36E+07	9.25E+07	2.70E+08	3.34E+08	2.43E+08	1.63E+08

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
U-238(*)	2.02E+09	2.72E+09	2.51E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-235	9.09E+07	1.22E+08	1.13E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Th-230	7.84E+07	1.55E+08	1.43E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ra-226	1.33E+08	3.53E+07	3.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pb-210(**)	1.33E+08	3.53E+07	3.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla AIV.1. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.80E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	RG-1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

Enusa (1996). *Programa de Clausura*. Documento 2: Análisis de Impacto Radiológico Ambiental Rev.0. Noviembre 1996.

Enusa (2003). *Proyecto de Restauración Definitiva de las Instalaciones Mineras de Enusa en Saelices el Chico (Salamanca)*. Anexo 8: Estudio de Impacto Radiológico Ambiental. Mayo 2003.

Enusa (2008). *Estudio Epidemiológico*. Cálculo de Dosis al Público Debidas a los Efluentes de la Planta QUERCUS del Año 1999. ENUSA.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

USNRC (1987). *Regulatory Guide 3.59:* Methods for Estimating Radioactive and Toxic Airborne Source Terms for Uranium Milling Operations, Marzo 1987.

Anexo XXI: Planta Lobo-G de fabricación de concentrados de uranio

Provincia:	Badajoz
Comienzo de la operación:	1977
Fin de la operación:	1990
Estado actual:	Clausurada desde agosto de 2004, en vigilancia radiológica
Procesado anual:	450.000 Tm de mineral (estimada)

La planta de fabricación de concentrados de uranio Lobo-G estaba situada en el término municipal de La Haba (Badajoz). La instalación estuvo clasificada como radiactiva de 1.ª categoría, inició su operación en 1977 y cesó en 1990. En el año 1995, por Orden del Ministerio de Industria y Energía, de 15 de noviembre, fue autorizado su plan de desmantelamiento y clausura.

Finalizadas las actividades de desmantelamiento y estabilización de los estériles en julio de 1997, mediante Resolución de la Dirección General de la Energía, de fecha 30 de enero de 1998, se aprobó el comienzo del periodo de cumplimiento de cinco años de duración. El Programa de Vigilancia y Control correspondiente verificó el adecuado comportamiento de las obras de restauración realizadas.

Finalmente, la Orden del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de 2 de agosto de 2004, declaró la clausura del emplazamiento restaurado de la instalación a la vez que establecía un programa de vigilancia y control a largo plazo del dique de estériles.

Se presentan a continuación en este anexo los resultados de una estimación realista de las dosis producidas por los efluentes radiactivos vertidos por la planta Lobo-G de fabricación de concentrados de uranio

desde su entrada en funcionamiento (1977) hasta el año 2003, para su utilización en el estudio epidemiológico en torno a la instalación.

Los resultados de dosis, para cada uno de los municipios que rodean a la central en un radio de 30 km (tabla A21.5), vienen expresados en dosis efectiva para el individuo adulto (tabla A21.2), siendo esta magnitud la considerada para asignar un índice de exposición a cada municipio.

Para la realización de las estimaciones de dosis en el entorno de la planta Lobo-G se han considerado las actividades vertidas por efluentes líquidos y gaseosos de la instalación (tablas A21.6 y A21.7), con los hábitos alimenticios de la provincia de Córdoba. Se ha empleado ésta por ser la más cercana geográficamente al emplazamiento, y de la que se disponía de datos sobre consumo alimenticio (CSN, 2002). Para los efluentes líquidos se considera la dilución en el caudal del río Ortigas, afluente del Guadiana.

De forma análoga, en ausencia de datos específicos del emplazamiento, se han utilizado unos datos meteorológicos que proceden de la Base Aérea de Talavera, así como del emplazamiento de la central nuclear de Valdecaballeros obtenidos de los Análisis de Impacto Radiológico Ambiental (AIRAs) de los años 1988 y 1994 (Enusa, 1988 y 1994).

La metodología aplicada para el cálculo de la dosis se basa en modelos de dispersión y depósito de los efluentes radiactivos gaseosos, y modelos de retención y dilución para efluentes líquidos. Para la dispersión en la atmósfera se utiliza un modelo de pluma gaussiana en el que el empobrecimiento de la nube depende de las condiciones atmosféricas y el depósito por vía seca.

Esta metodología se detalla en la referencia (CSN, 2006) y ha sido implementada por el CSN en hojas de cálculo (eXcel) lo que ha permitido obtener los resultados de dosis para todos los años y poblaciones del entorno de la instalación que se presentan en este informe. En el caso de las instalaciones de minería y fabricación de concentrados, el esquema general de cálculo ha sido adaptado para considerar el carácter extenso de las fuentes emisoras con respecto a la distancia a los municipios considerados. Para ello se ha utilizado el código MILDOS-AREA que, en función de los datos meteorológicos y las características geométricas de las fuentes emisoras, proporciona las concentraciones en aire y suelo de los isótopos considerados en los distintos puntos de interés para la exposición a los efluentes gaseosos (gases y partículas). Estos valores se han utilizado para, de acuerdo a la metodología general presentada en el texto principal del documento, estimar las dosis recibidas por los individuos residentes en su entorno.

La aplicación de estos modelos necesita de la definición de una serie de parámetros, que se han seleccionado en base a la sistemática utilizada en los estudios de estimaciones realistas de la dosis en el entorno de las centrales nucleares, según se refleja en (CSN, 2003). Este documento toma como referencia las recomendaciones de la Unión Europea para el cálculo de dicha dosis, según se refleja en la guía *Radiation Protection 129* (EU, 2002). Los parámetros utilizados se detallan en el informe (CSN, 2006) excepto los parámetros específicos de la instalación que se muestran en el anexo IV.

De acuerdo a la documentación manejada, se ha reconstruido la historia operativa de la instalación en la siguiente secuencia:

- Explotación de la instalación:
  - Julio de 1977 hasta 1982. Explotación y construcción y operación intermitente de la planta Lobo-G por la Junta de Energía Nuclear (JEN).
  - 1983 hasta 1989. Traspaso a Enusa y explotación continuada.

- Cese de explotación: primera mitad de 1990.

- 1990: cese de explotación y trabajos de acondicionamiento de escombreras y dique con material de las eras.

- 1991 hasta 1995: período de espera hasta el desmantelamiento.

- 1996: desmantelamiento de la instalación Lobo-G y cubrimiento del dique de estériles.

- 1997-2003: período de cumplimiento tras clausura definitiva.

Las actividades emitidas por isótopo se han obtenido a partir de la configuración de la instalación que se refleja en el AIRA de 1994 (Enusa, 1994) y en el Plan de Clausura de 1996 (Enusa, 1996). La instalación constaba entonces de escombreras de estériles de minería, eras de estériles de proceso y colas de estériles de proceso, cada una de acuerdo a distintas leyes del mineral y con volúmenes determinados. También se tuvo en cuenta la presencia de instalaciones de proceso, utilizando los datos de los informes anuales (1987 a 1990), la Memoria Descriptiva de la Instalación o, cuando ha sido necesario, extrapolando los datos de la planta Quercus. Para determinar las emisiones líquidas se ha recurrido a datos de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRAs). De forma conservadora, como se ha hecho en este tipo de instalaciones, en desconocimiento de la distribución de tamaños de partículas suspendidas en aire, se supondrá que las partículas emitidas tienen un tamaño uniforme e igual a 1μm, para utilizar el FCD más restrictivo del RPSRI. Para las fases de desmantelamiento y restauración, así como para el estado de la instalación en su período actual de vigilancia se ha hecho uso del AIRA de 1994 y el Plan de Clausura de 1996.

En el caso de los efluentes gaseosos las vías de exposición consideradas para todos los municipios son: exposición externa a la nube, exposición externa a depósitos en el suelo, ingestión de vegetales (hoja, sin hoja), patatas y cereales; ingestión de leche de vaca y cabra; ingestión de carne de vaca, cerdo, cabra/oveja y caza; e inhalación del material contenido en la nube radiactiva.

La exposición por efluentes líquidos se ha caracterizado en los municipios que, encontrándose aguas abajo de la instalación, son ribereños o tienen captaciones de agua en el los ríos Ortigas o Guadiana. En ellos se considerarán las vías de exposición que se reflejan en la tabla A21.1.

Con estas consideraciones las vías de exposición contempladas para los efluentes líquidos son:

Tabla A21.1. Distribución de las poblaciones en función de la captación del agua para las distintas vías de exposición

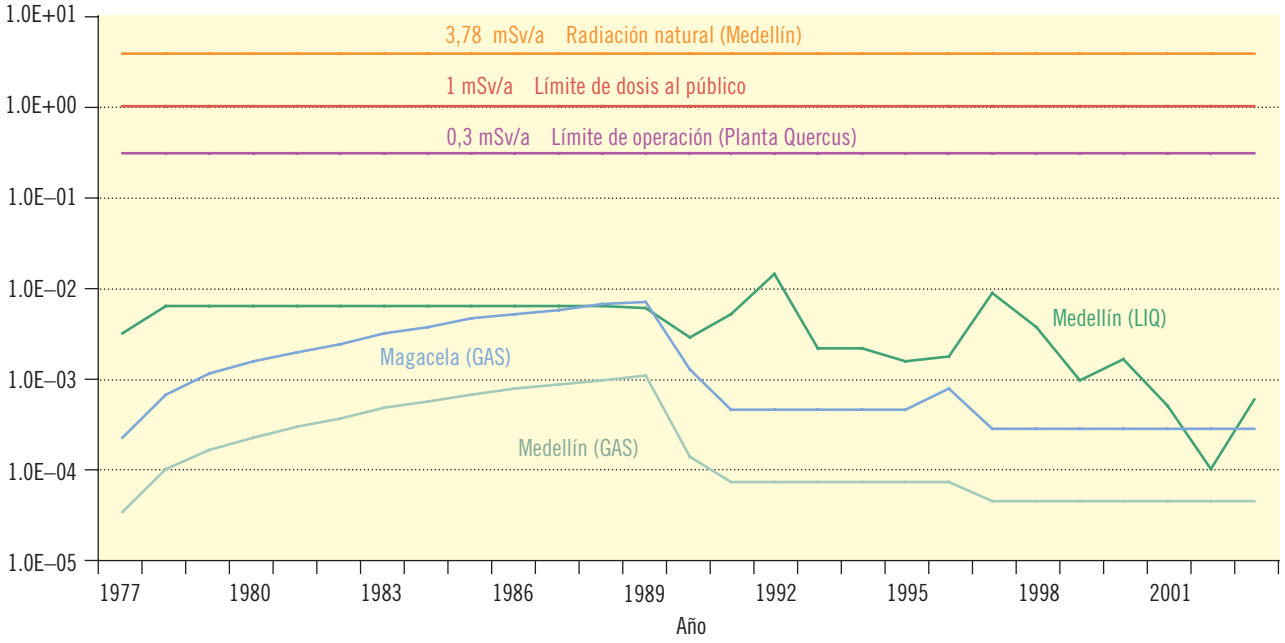
	Vías de exposición	
Municipios	**Río Ortigas**	**Río Guadiana**
La Haba	Exposición orillas, Agua bebida por animales	—
Don Benito	Exposición orillas, Agua bebida por animales	Vegetales (hoja, sin hoja y cereales), pasto ingerido por animales
Medellín, Mengabril	Exposición orillas, Agua bebida por animales	Agua potable, pescado de río, vegetales (hoja, sin hoja y cereales), pasto ingerido por animales
Santa Amalia, Valdetorres, Guareña	—	Exposición orillas, agua bebida por animales, agua potable, pescado de río, vegetales (hoja, sin hoja y cereales), pasto ingerido por animales
Resto de poblaciones	—	—

Resultados

En la figura A21.1 se muestra la evolución de la dosis efectiva anual a lo largo del periodo del estudio en las poblaciones más significativas (Medellín y Magacela).

En esta figura se muestra también la restricción operacional de dosis de la planta Quercus, el límite de dosis al público según el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizante" y la tasa anual de dosis por radiación natural en la población de Medellín.

Figura A21.1. Evolución de la dosis efectiva anual en las poblaciones más significativas (mSv/a)



En la tabla A21.2 se presentan las dosis anuales efectivas para el grupo de edad de los adultos para cada uno de los años del periodo de estudio y en todos los municipios del entorno de 30 km de la planta Lobo-G.

La figura A21.2 ilustra la comparativa de la contribución de las distintas vías de exposición por efluentes líquidos y gaseosos para la localidad de Medellín en el último año completo en que la instalación ha estado operativa en el período del estudio (1989). Puede observarse que la principal vía de exposición por efluentes líquidos corresponde a la ingestión de agua potable, mientras que la vía predominante por efluentes gaseosos corresponde a la inhalación.

En la figura A21.3 se muestra la dosis efectiva anual en las localidades del entorno de 30 km en el último año completo de operación (1989), en comparación con el nivel de radiación natural de cada municipio.

En la figura A21.4 se muestra la distribución espacial de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. La figura A21.5 muestra los valores correspondientes a la radiación natural también durante dicho período.

En la tabla A21.3 se presentan los valores numéricos de la dosis acumulada a lo largo del periodo de estudio en

las localidades del entorno de 30 km de la instalación para el grupo de edad de los adultos. Análogamente, la tabla A21.4 contiene los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de estudio.

Tabla A21.2 (1/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1977a 1990

Municipio	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Benquerencia de la Serena	6.83E-05	2.00E-04	3.27E-04	4.54E-04	5.82E-04	7.09E-04	9.18E-04	1.12E-03	1.32E-03	1.52E-03	1.72E-03	1.92E-03	2.12E-03	2.43E-04
Campanario	2.19E-04	6.40E-04	1.04E-03	1.45E-03	1.86E-03	2.26E-03	2.93E-03	3.57E-03	4.20E-03	4.84E-03	5.48E-03	6.11E-03	6.75E-03	1.02E-03
Castuera	8.51E-05	2.49E-04	4.08E-04	5.66E-04	7.24E-04	8.82E-04	1.14E-03	1.39E-03	1.64E-03	1.89E-03	2.14E-03	2.39E-03	2.64E-03	3.13E-04
Coronada (La)	1.61E-04	4.71E-04	7.69E-04	1.07E-03	1.37E-03	1.66E-03	2.16E-03	2.62E-03	3.09E-03	3.56E-03	4.03E-03	4.50E-03	4.97E-03	7.83E-04
Cristina	5.19E-05	1.52E-04	2.48E-04	3.45E-04	4.41E-04	5.37E-04	6.96E-04	8.48E-04	9.99E-04	1.15E-03	1.30E-03	1.45E-03	1.60E-03	2.03E-04
Don Benito	1.23E-03	2.53E-03	2.66E-03	2.80E-03	2.93E-03	3.06E-03	3.28E-03	3.49E-03	3.69E-03	3.90E-03	4.11E-03	4.31E-03	4.42E-03	1.33E-03
Esparragosa de la Serena	7.46E-05	2.19E-04	3.57E-04	4.96E-04	6.35E-04	7.74E-04	1.00E-03	1.22E-03	1.44E-03	1.66E-03	1.87E-03	2.09E-03	2.31E-03	2.56E-04
Guareña	3.16E-03	6.36E-03	6.44E-03	6.53E-03	6.62E-03	6.70E-03	6.85E-03	6.98E-03	7.12E-03	7.25E-03	7.39E-03	7.52E-03	7.40E-03	2.94E-03
Haba (La)	4.13E-04	9.42E-04	1.18E-03	1.41E-03	1.64E-03	1.87E-03	2.26E-03	2.62E-03	2.99E-03	3.36E-03	3.72E-03	4.09E-03	4.43E-03	8.50E-04
Higuera de la Serena	7.73E-05	2.27E-04	3.71E-04	5.15E-04	6.59E-04	8.03E-04	1.04E-03	1.27E-03	1.49E-03	1.72E-03	1.94E-03	2.17E-03	2.40E-03	2.87E-04
Magacela	2.40E-04	7.02E-04	1.15E-03	1.59E-03	2.03E-03	2.48E-03	3.21E-03	3.91E-03	4.60E-03	5.30E-03	6.00E-03	6.69E-03	7.39E-03	1.29E-03
Malpartida de la Serena	9.02E-05	2.64E-04	4.32E-04	6.00E-04	7.67E-04	9.35E-04	1.21E-03	1.47E-03	1.74E-03	2.00E-03	2.27E-03	2.53E-03	2.79E-03	3.21E-04
Manchita	7.69E-05	2.25E-04	3.68E-04	5.10E-04	6.53E-04	7.96E-04	1.03E-03	1.26E-03	1.48E-03	1.70E-03	1.93E-03	2.15E-03	2.38E-03	3.22E-04
Medellín	3.30E-03	6.63E-03	6.69E-03	6.76E-03	6.83E-03	6.90E-03	7.01E-03	7.11E-03	7.22E-03	7.33E-03	7.43E-03	7.54E-03	7.37E-03	3.04E-03
Mengabril	3.30E-03	6.65E-03	6.73E-03	6.81E-03	6.89E-03	6.98E-03	7.11E-03	7.24E-03	7.37E-03	7.50E-03	7.63E-03	7.75E-03	7.61E-03	3.08E-03
Oliva de Mérida	4.79E-05	1.40E-04	2.29E-04	3.18E-04	4.07E-04	4.96E-04	6.43E-04	7.83E-04	9.23E-04	1.06E-03	1.20E-03	1.34E-03	1.48E-03	1.85E-04
Orellana la Vieja	7.23E-05	2.12E-04	3.46E-04	4.80E-04	6.14E-04	7.48E-04	9.69E-04	1.18E-03	1.39E-03	1.60E-03	1.81E-03	2.02E-03	2.23E-03	2.98E-04
Quintana de la Serena	1.66E-04	4.87E-04	7.95E-04	1.10E-03	1.41E-03	1.72E-03	2.23E-03	2.72E-03	3.20E-03	3.69E-03	4.17E-03	4.66E-03	5.14E-03	6.28E-04
Rena	4.32E-05	1.26E-04	2.06E-04	2.87E-04	3.67E-04	4.47E-04	5.79E-04	7.05E-04	8.30E-04	9.56E-04	1.08E-03	1.21E-03	1.33E-03	1.58E-04
Retamal de Llerena	5.22E-05	1.53E-04	2.50E-04	3.47E-04	4.44E-04	5.41E-04	7.01E-04	8.54E-04	1.01E-03	1.16E-03	1.31E-03	1.46E-03	1.62E-03	1.88E-04
Santa Amalia	3.22E-03	6.46E-03	6.51E-03	6.56E-03	6.61E-03	6.66E-03	6.74E-03	6.81E-03	6.89E-03	6.96E-03	7.04E-03	7.11E-03	6.92E-03	2.93E-03
Valdetorres	3.22E-03	6.48E-03	6.53E-03	6.59E-03	6.65E-03	6.70E-03	6.80E-03	6.88E-03	6.97E-03	7.06E-03	7.15E-03	7.24E-03	7.06E-03	2.95E-03
Valle de la Serena	1.26E-04	3.70E-04	6.04E-04	8.39E-04	1.07E-03	1.31E-03	1.69E-03	2.06E-03	2.43E-03	2.80E-03	3.17E-03	3.54E-03	3.91E-03	5.05E-04
Villanueva de la Serena	7.26E-05	2.13E-04	3.47E-04	4.82E-04	6.17E-04	7.51E-04	9.74E-04	1.19E-03	1.40E-03	1.61E-03	1.82E-03	2.03E-03	2.24E-03	2.99E-04
Villar de Rena	3.82E-05	1.12E-04	1.83E-04	2.54E-04	3.25E-04	3.95E-04	5.12E-04	6.24E-04	7.35E-04	8.47E-04	9.58E-04	1.07E-03	1.18E-03	1.36E-04
Zalamea de la Serena	7.28E-05	2.13E-04	3.49E-04	4.84E-04	6.20E-04	7.55E-04	9.78E-04	1.19E-03	1.40E-03	1.62E-03	1.83E-03	2.04E-03	2.26E-03	2.58E-04

Tabla A21.2 (2/2). Dosis efectiva anual adultos (mSv/año) años 1991 a 2003

Municipio	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Benquerencia de la Serena	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.08E-04	6.11E-05	6.11E-05	6.11E-05	6.11E-05	6.11E-05	6.11E-05	6.11E-05
Campanario	4.18E-04	4.18E-04	4.18E-04	4.18E-04	4.18E-04	5.70E-04	2.51E-04	2.51E-04	2.51E-04	2.51E-04	2.51E-04	2.51E-04	2.51E-04
Castuera	1.57E-04	1.57E-04	1.57E-04	1.57E-04	1.57E-04	1.59E-04	9.32E-05	9.32E-05	9.32E-05	9.32E-05	9.32E-05	9.32E-05	9.32E-05
Coronada (La)	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	4.67E-04	1.90E-04	1.90E-04	1.90E-04	1.90E-04	1.90E-04	1.90E-04	1.90E-04
Cristina	1.09E-04	1.09E-04	1.09E-04	1.09E-04	1.09E-04	1.07E-04	6.64E-05	6.64E-05	6.64E-05	6.64E-05	6.64E-05	6.64E-05	6.64E-05
Don Benito	2.04E-03	5.32E-03	9.29E-04	9.29E-04	7.39E-04	8.08E-04	3.31E-03	1.48E-03	4.43E-04	6.91E-04	2.80E-04	1.28E-04	3.07E-04
Esparragosa de la Serena	1.44E-04	1.44E-04	1.44E-04	1.44E-04	1.44E-04	1.24E-04	8.49E-05	8.49E-05	8.49E-05	8.49E-05	8.49E-05	8.49E-05	8.49E-05
Guareña	5.15E-03	1.39E-02	2.19E-03	2.19E-03	1.68E-03	1.81E-03	8.68E-03	3.79E-03	1.00E-03	1.67E-03	5.68E-04	1.62E-04	6.39E-04
Haba (La)	7.20E-04	1.53E-03	4.47E-04	4.47E-04	4.00E-04	5.09E-04	9.52E-04	5.00E-04	2.43E-04	3.04E-04	2.03E-04	1.65E-04	2.09E-04
Higuera de la Serena	1.68E-04	1.68E-04	1.68E-04	1.68E-04	1.68E-04	1.38E-04	9.90E-05	9.90E-05	9.90E-05	9.90E-05	9.90E-05	9.90E-05	9.90E-05
Magacela	4.78E-04	4.78E-04	4.78E-04	4.78E-04	4.78E-04	8.00E-04	2.96E-04	2.96E-04	2.96E-04	2.96E-04	2.96E-04	2.96E-04	2.96E-04
Malpartida de la Serena	1.76E-04	1.76E-04	1.76E-04	1.76E-04	1.76E-04	1.56E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04
Manchita	1.61E-04	1.61E-04	1.61E-04	1.61E-04	1.61E-04	1.71E-04	9.70E-05	9.70E-05	9.70E-05	9.70E-05	9.70E-05	9.70E-05	9.70E-05
Medellín	5.38E-03	1.46E-02	2.27E-03	2.27E-03	1.74E-03	1.87E-03	9.08E-03	3.96E-03	1.04E-03	1.73E-03	5.80E-04	1.54E-04	6.54E-04
Mengabril	5.39E-03	1.46E-02	2.29E-03	2.29E-03	1.75E-03	1.90E-03	9.09E-03	3.97E-03	1.05E-03	1.74E-03	5.90E-04	1.64E-04	6.65E-04
Oliva de Mérida	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	9.48E-05	6.02E-05	6.02E-05	6.02E-05	6.02E-05	6.02E-05	6.02E-05	6.02E-05
Orellana la Vieja	1.38E-04	1.38E-04	1.38E-04	1.38E-04	1.38E-04	1.65E-04	8.35E-05	8.35E-05	8.35E-05	8.35E-05	8.35E-05	8.35E-05	8.35E-05
Quintana de la Serena	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.12E-04	1.80E-04	1.80E-04	1.80E-04	1.80E-04	1.80E-04	1.80E-04	1.80E-04
Rena	8.55E-05	8.55E-05	8.55E-05	8.55E-05	8.55E-05	8.31E-05	5.19E-05	5.19E-05	5.19E-05	5.19E-05	5.19E-05	5.19E-05	5.19E-05
Retamal de Llerena	1.14E-04	1.14E-04	1.14E-04	1.14E-04	1.14E-04	9.01E-05	6.79E-05	6.79E-05	6.79E-05	6.79E-05	6.79E-05	6.79E-05	6.79E-05
Santa Amalia	5.25E-03	1.43E-02	2.20E-03	2.20E-03	1.68E-03	1.81E-03	8.88E-03	3.86E-03	1.00E-03	1.68E-03	5.55E-04	1.38E-04	6.28E-04
Valdetorres	5.26E-03	1.43E-02	2.21E-03	2.21E-03	1.69E-03	1.82E-03	8.89E-03	3.87E-03	1.01E-03	1.69E-03	5.62E-04	1.44E-04	6.34E-04
Valle de la Serena	2.78E-04	2.78E-04	2.78E-04	2.78E-04	2.78E-04	2.45E-04	1.63E-04	1.63E-04	1.63E-04	1.63E-04	1.63E-04	1.63E-04	1.63E-04
Villanueva de la Serena	1.43E-04	1.43E-04	1.43E-04	1.43E-04	1.43E-04	1.67E-04	8.72E-05	8.72E-05	8.72E-05	8.72E-05	8.72E-05	8.72E-05	8.72E-05
Villar de Rena	7.57E-05	7.57E-05	7.57E-05	7.57E-05	7.57E-05	7.05E-05	4.58E-05	4.58E-05	4.58E-05	4.58E-05	4.58E-05	4.58E-05	4.58E-05
Zalamea de la Serena	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.24E-04	8.71E-05	8.71E-05	8.71E-05	8.71E-05	8.71E-05	8.71E-05	8.71E-05

Figura A21.2a. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes líquidos *(Total: 6.24E-03 mSv/año)* en el municipio de Medellín, año 1989

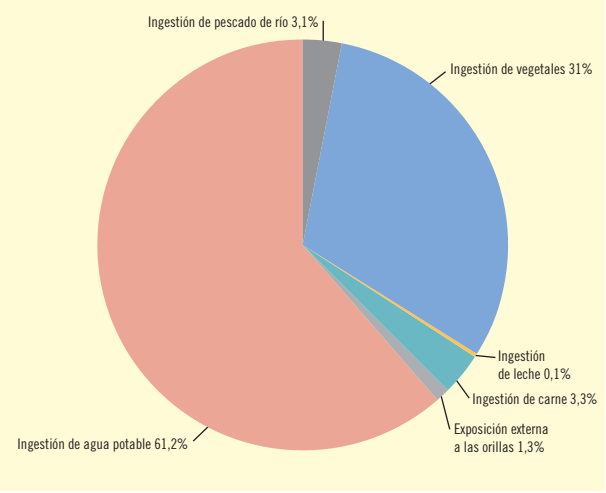


Figura A21.2b. Contribución a la dosis por las vías asociadas a efluentes gaseosos *(Total: 1.12E-03 mSv/año)* en el municipio de Medellín, año 1989

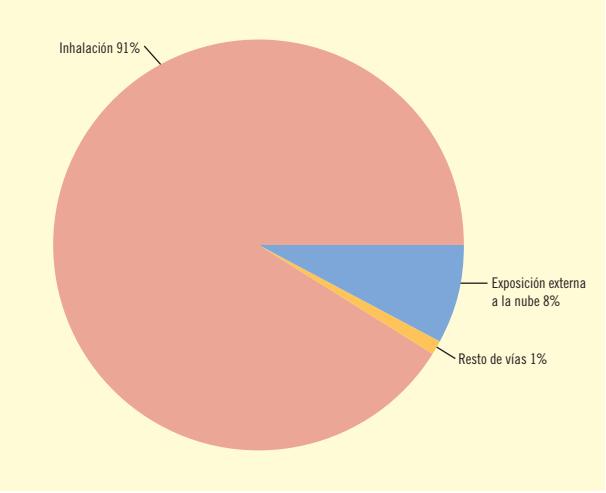


Figura A21.3. Dosis efectiva anual (mSv/a) al individuo adulto en las localidades del entorno de 30 km en el año 1989

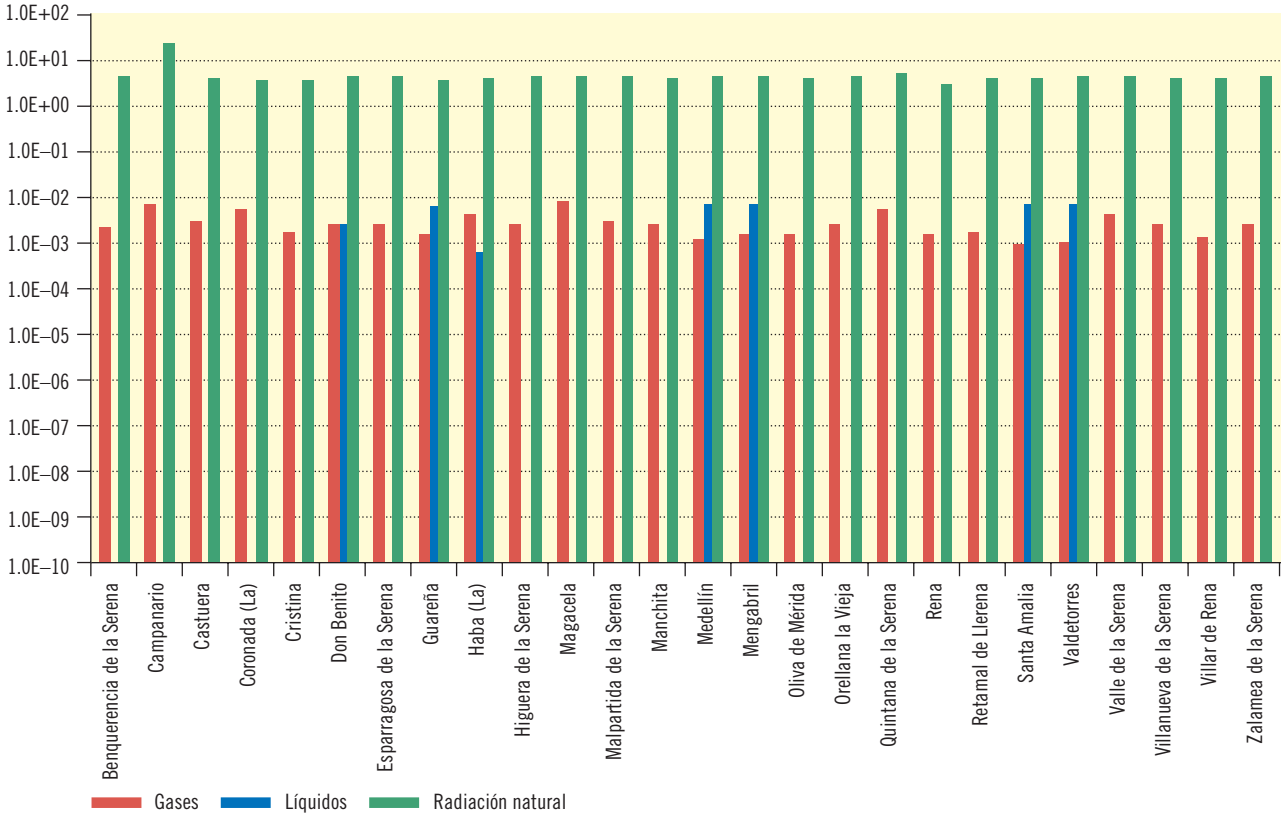


Figura A21.4. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por efecto de la instalación en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1977-2003

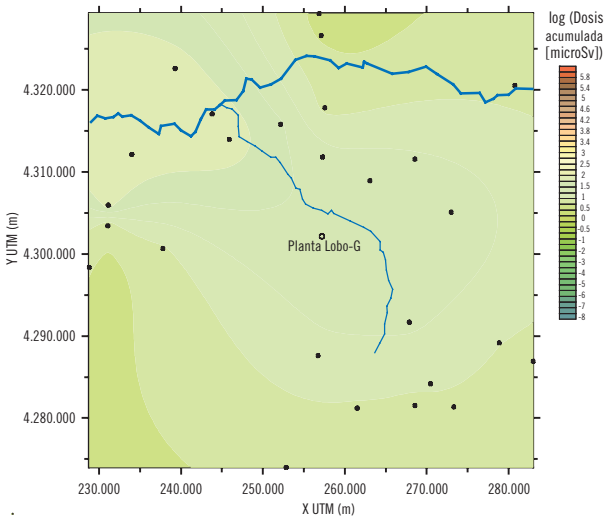


Figura A21.5. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto por radiación natural en el entorno de 30 km (microSv) en el período 1977-2003

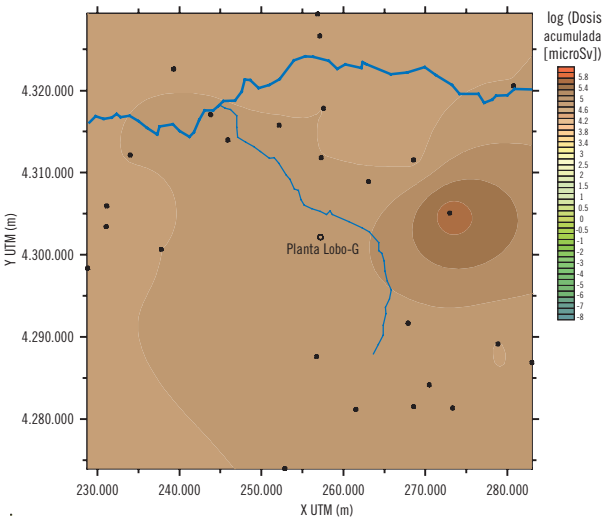


Tabla A21.3. Dosis efectiva acumulada por el individuo adulto hasta el año 2003 (mSv)

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Benquerencia de la Serena	1.43E-02
Campanario	4.68E-02
Castuera	1.80E-02
Coronada (La)	3.45E-02
Cristina	1.11E-02
Don Benito	6.12E-02
Esparragosa de la Serena	1.58E-02
Guareña	1.33E-01
Haba (La)	3.84E-02
Higuera de la Serena	1.66E-02
Magacela	5.18E-02
Malpartida de la Serena	1.92E-02
Manchita	1.65E-02

Municipio	Dosis acumulada (mSv)
Medellín	1.36E-01
Mengabril	1.38E-01
Oliva de Mérida	1.03E-02
Orellana la Vieja	1.54E-02
Quintana de la Serena	3.52E-02
Rena	9.20E-03
Retamal de Llerena	1.12E-02
Santa Amalia	1.32E-01
Valdetorres	1.33E-01
Valle de la Serena	2.72E-02
Villanueva de la Serena	1.55E-02
Villar de Rena	8.14E-03
Zalamea de la Serena	1.55E-02

Tabla A21.4. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas al período 1977-2003 (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Benquerencia de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,14	0,83	0,38	0,48	3,94	106,41
Campanario	17,74	0,04	0,30	0,18	1,03	0,33	0,48	20,10	542,81
Castuera	1,44	0,04	0,30	0,15	0,88	0,35	0,48	3,64	98,37
Coronada (La)	1,07	0,04	0,30	0,15	0,87	0,31	0,48	3,23	87,08
Cristina	1,30	0,04	0,30	0,11	0,63	0,32	0,48	3,19	86,01
Don Benito	1,77	0,04	0,30	0,13	0,74	0,32	0,48	3,78	101,96
Esparragosa de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,17	0,97	0,34	0,48	4,07	109,79
Guareña	0,70	0,04	0,30	0,18	1,04	0,32	0,48	3,06	82,53
Haba (La)	1,59	0,04	0,30	0,15	0,85	0,32	0,48	3,72	100,42
Higuera de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,15	0,87	0,34	0,48	3,96	106,81
Magacela	1,77	0,04	0,30	0,17	1,00	0,34	0,48	4,11	110,89
Malpartida de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,17	1,00	0,34	0,48	4,11	110,92
Manchita	1,77	0,04	0,30	0,12	0,67	0,32	0,48	3,70	99,91
Medellín	1,77	0,04	0,30	0,13	0,74	0,31	0,48	3,78	102,03
Mengabril	1,77	0,04	0,30	0,14	0,81	0,31	0,48	3,85	104,06
Oliva de Mérida	1,77	0,04	0,30	0,11	0,60	0,32	0,48	3,63	97,93
Orellana la Vieja	1,77	0,04	0,30	0,13	0,73	0,32	0,48	3,77	101,90
Quintana de la Serena	2,41	0,04	0,30	0,18	1,07	0,33	0,48	4,82	130,12
Rena	0,71	0,04	0,30	0,11	0,63	0,31	0,48	2,58	69,57
Retamal de Llerena	1,77	0,04	0,30	0,12	0,70	0,34	0,48	3,75	101,34
Santa Amalia	1,77	0,04	0,30	0,11	0,62	0,31	0,48	3,64	98,16
Valdetorres	1,77	0,04	0,30	0,13	0,75	0,31	0,48	3,79	102,35
Valle de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,15	0,85	0,33	0,48	3,92	105,96
Villanueva de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,12	0,68	0,32	0,48	3,71	100,19
Villar de Rena	1,77	0,04	0,30	0,11	0,64	0,32	0,48	3,66	98,89
Zalamea de la Serena	1,77	0,04	0,30	0,17	0,97	0,34	0,48	4,07	109,99

Tabla A21.5. Municipios del entorno de 30 km

PR	Provincia	Código INE	Municipio	Distancia (m)	Sector
6	Badajoz	18	Benquerencia de la Serena	29.990	ESE
		28	Campanario	16.049	E
		36	Castuera	25.248	ESE
		39	Coronada (La)	14.746	NE
		41	Cristina	26.158	W
		44	Don Benito	14.533	NNW
		47	Esparragosa de la Serena	26.319	SE
		60	Guareña	26.354	W
		61	Haba (La)	9.668	N
		64	Higuera de la Serena	21.409	SSE
		75	Magacela	8.950	NE
		78	Malpartida de la Serena	22.343	SE
		79	Manchita	19.474	W
		80	Medellín	20.045	NW
		82	Mengabril	16.361	NW
		94	Oliva de Mérida	28.647	W
		97	Orellana la Vieja	29.875	NE
		109	Quintana de la Serena	14.960	SE
		111	Rena	24.482	N
		112	Retamal de Llerena	28.513	S
		120	Santa Amalia	27188	NW
		138	Valdetorres	25.253	WNW
		146	Valle de la Serena	14.555	S
		153	Villanueva de la Serena	15.670	N
		156	Villar de Rena	27.169	N
		160	Zalamea de la Serena	23.552	SSE

Las actividades descargadas por efluentes gaseosos y líquidos se muestran agrupadas por grupos de isótopos en las figuras A21.6 y A21.7 y desglosadas por isótopos en las tablas 21.6 y A21.7. Las actividades emitidas por isótopo se han obtenido a partir de la configuración de la instalación que se refleja en el AIRA de 1994 (Enusa, 1994) y en el Plan de Clausura de 1996 (Enusa, 1996). También se tuvo en cuenta la presencia de instalaciones de proceso, utilizando los datos de los informes anuales (1987 a 1990), la Memoria Descriptiva de la Instalación o, cuando ha sido necesario, extrapolando datos de la planta Quercus. Para determinar las emisiones líquidas se ha recurrido a datos de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRAs) extrapolados desde 1989. Para las fases de desmantelamiento y restauración, así como para el estado de la instalación en su período actual de vigilancia se ha hecho uso del AIRA de 1994 y el Plan de Clausura de 1996.

Como ya se ha indicado, y es propio de este tipo de instalaciones en las que no se produce enriquecimiento del uranio, se considerará en equilibrio secular la cadena de descendientes del U-238 (Th-234, Pa-234m, Pa-234 y U-234). En la aproximación definitiva adoptada, se supondrá que estos isótopos están en equilibrio secular con el U-238 y, por tanto, tienen la misma actividad que éste, por lo que se simularán como si fueran un U-238 con un FCD que sea la suma de los de los isótopos de esta subcadena. De la misma manera, se supondrán como isótopos en equilibrio los descendientes de la cadena del Pb-210 (Bi-210 y Po-210), habitualmente con la misma actividad que el Ra-226.

Figura A21.6. Actividades descargadas en efluentes gaseosos (GBq)

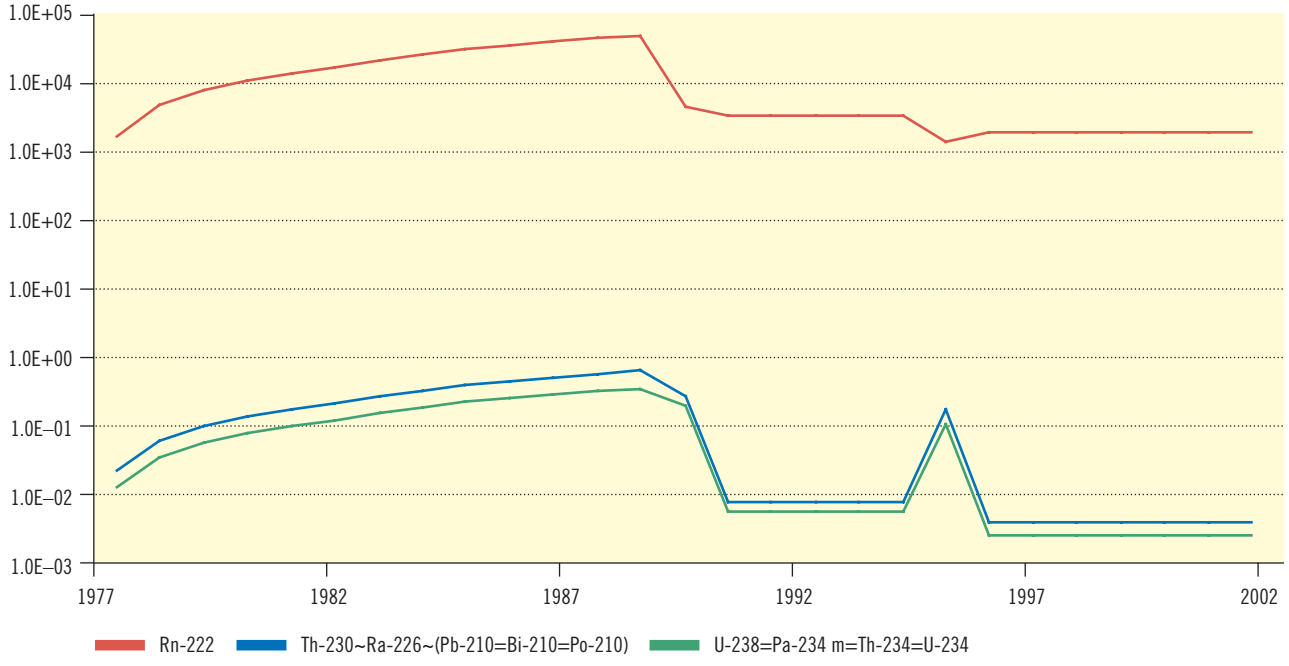


Figura A21.7. Actividades descargadas en efluentes líquidos (GBq)

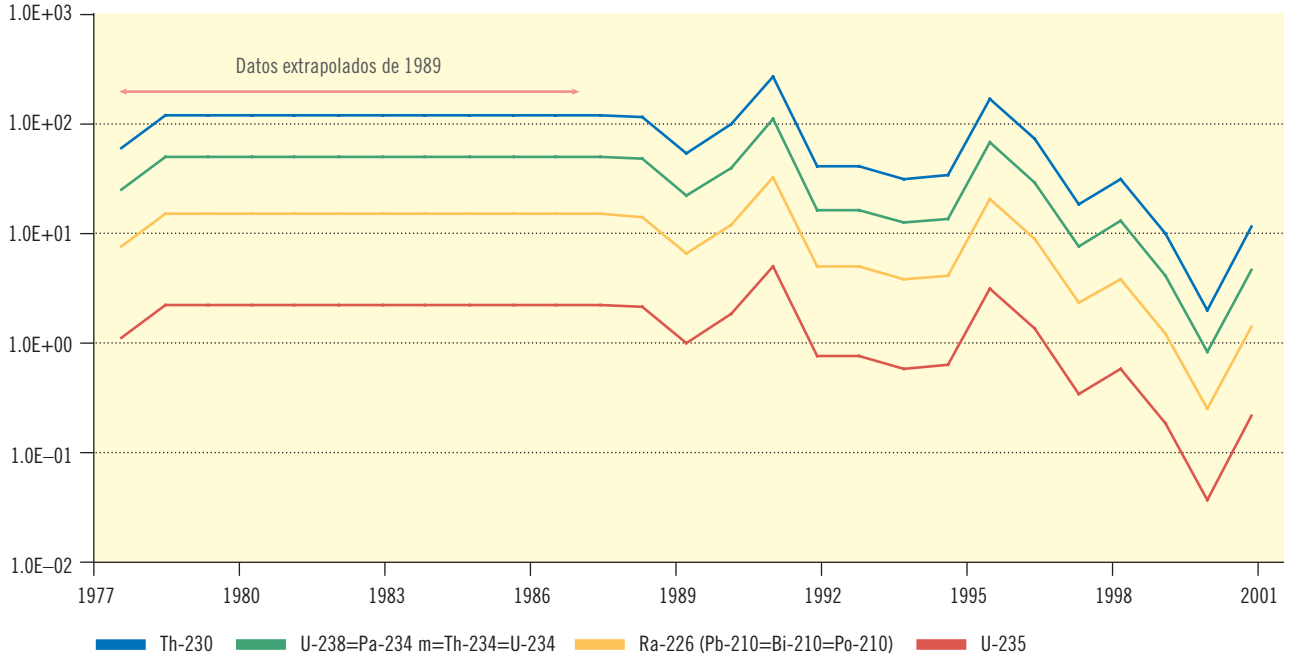


Tabla A21.6. Actividades vertidas por isótopo en efluentes gaseosos (Bq/año)

Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Rn-222	1.57E+12	4.60E+12	7.51E+12	1.04E+13	1.33E+13	1.62E+13	2.10E+13	2.56E+13	3.02E+13	3.48E+13	3.93E+13	4.39E+13	4.85E+13	4.29E+12
U-238(*)	1.13E+07	3.21E+07	5.12E+07	7.04E+07	8.95E+07	1.09E+08	1.42E+08	1.72E+08	2.02E+08	2.32E+08	2.62E+08	2.92E+08	3.22E+08	1.78E+08
Th-230	1.98E+07	5.68E+07	9.12E+07	1.26E+08	1.60E+08	1.95E+08	2.54E+08	3.08E+08	3.62E+08	4.17E+08	4.71E+08	5.25E+08	5.79E+08	2.42E+08
Ra-226	1.92E+07	5.56E+07	9.01E+07	1.25E+08	1.59E+08	1.94E+08	2.52E+08	3.06E+08	3.60E+08	4.14E+08	4.68E+08	5.23E+08	5.77E+08	2.40E+08
Pb-210(**)	1.89E+07	5.51E+07	8.96E+07	1.24E+08	1.59E+08	1.93E+08	2.51E+08	3.05E+08	3.59E+08	4.13E+08	4.67E+08	5.22E+08	5.76E+08	2.39E+08

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Rn-222	3.21E+12	3.21E+12	3.21E+12	3.21E+12	3.21E+12	1.32E+12	1.76E+12	1.76E+12	1.76E+12	1.76E+12	1.76E+12	1.76E+12	1.76E+12
U-238(*)	5.15E+06	5.15E+06	5.15E+06	5.15E+06	5.15E+06	9.99E+07	2.26E+06	2.26E+06	2.26E+06	2.26E+06	2.26E+06	2.26E+06	2.26E+06
Th-230	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	1.65E+08	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06
Ra-226	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	1.65E+08	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06
Pb-210(**)	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	6.92E+06	1.65E+08	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06	3.43E+06

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A21.7. Actividades vertidas por isótopo en efluentes líquidos (Bq/año)

Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
U-238(*)	2.37E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.73E+01	4.53E+01	2.10E+01
U-235	1.06E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.13E+00	2.04E+00	9.45E-01
Th-230	5.84E+01	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.17E+02	1.12E+02	5.18E+01
Ra-226	7.11E+00	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.36E+01	6.31E+00
Pb-210(**)	7.11E+00	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.42E+01	1.36E+01	6.31E+00

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
U-238(*)	3.84E+01	1.05E+02	1.59E+01	1.59E+01	1.20E+01	1.30E+01	6.56E+01	2.84E+01	7.17E+00	1.22E+01	3.86E+00	7.73E-01	4.40E+00
U-235	1.73E+00	4.74E+00	7.15E-01	7.15E-01	5.42E-01	5.87E-01	2.95E+00	1.28E+00	3.23E-01	5.50E-01	1.74E-01	3.48E-02	1.98E-01
Th-230	9.49E+01	2.60E+02	3.92E+01	3.92E+01	2.97E+01	3.22E+01	1.62E+02	7.00E+01	1.77E+01	3.02E+01	9.53E+00	1.91E+00	1.09E+01
Ra-226	1.15E+01	3.16E+01	4.77E+00	4.77E+00	3.62E+00	3.92E+00	1.97E+01	8.52E+00	2.15E+00	3.67E+00	1.16E+00	2.32E-01	1.32E+00
Pb-210(**)	1.15E+01	3.16E+01	4.77E+00	4.77E+00	3.62E+00	3.92E+00	1.97E+01	8.52E+00	2.15E+00	3.67E+00	1.16E+00	2.32E-01	1.32E+00

(*) El U-238 corresponde al U-238 más sus descendientes en equilibrio secular.
(**) El Pb-210 corresponde al Pb-210 más sus descendientes en equilibrio secular.

Tabla A21.8. Parámetros específicos de la instalación

Símbolo	Parámetro	Unidad	Valor	Referencia	Comentario
I	Tasa de irrigación de los vegetales				
	Vegetales de hoja	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
	Resto	litro/m^{2}mes	12.27	Específico del emplazamiento	
w	Masa por unidad de volumen del aire que es:				
	Agua	kg/m^3	7.80E-3	Específico del emplazamiento	
W	Factor de anchura de la orilla				
		—	0.2	RG-1.109	Río

Referencias

CSN (2002). *Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española*. Colección Documentos CSN, 326 págs., 2002.

CSN (2003). *Informe Genérico Sobre la Sistemática a Seguir en las Estimación Realista de las Dosis al Público Derivadas de los Vertidos Producidos por las Centrales Nucleares Españolas en el año 2002*. CSN/TGE/AEIR/0203/1653 Rev. 1. Diciembre 2003.

CSN (2006). *Metodología para Valorar la Exposición Derivada del Funcionamiento Rutinario de las Instalaciones Nucleares a través de la Vigilancia de los Efluentes Radiactivos*. 2006. CSN/TGE/AEIR/06/1926.

Enusa (1998). *Planta Lobo-G. Análisis de Impacto Radiológico Ambiental*. 1998.

Enusa (1994). *Planta Lobo-G. Análisis de Impacto Radiológico Ambiental*. Rev. 1. Julio 1994.

Enusa (1996). *Planta Lobo-G. Plan de Clausura* Rev. 1. Enero 1996.

Enusa (2008). *Estudio Epidemiológico. Cálculo de Dosis al Público Debidas a los Efluentes de la Planta Quercus del Año 1999*. Enusa.

EU (2002). "Guidance on the Realistic Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions". European Commission, *Radiation Protection 129*.

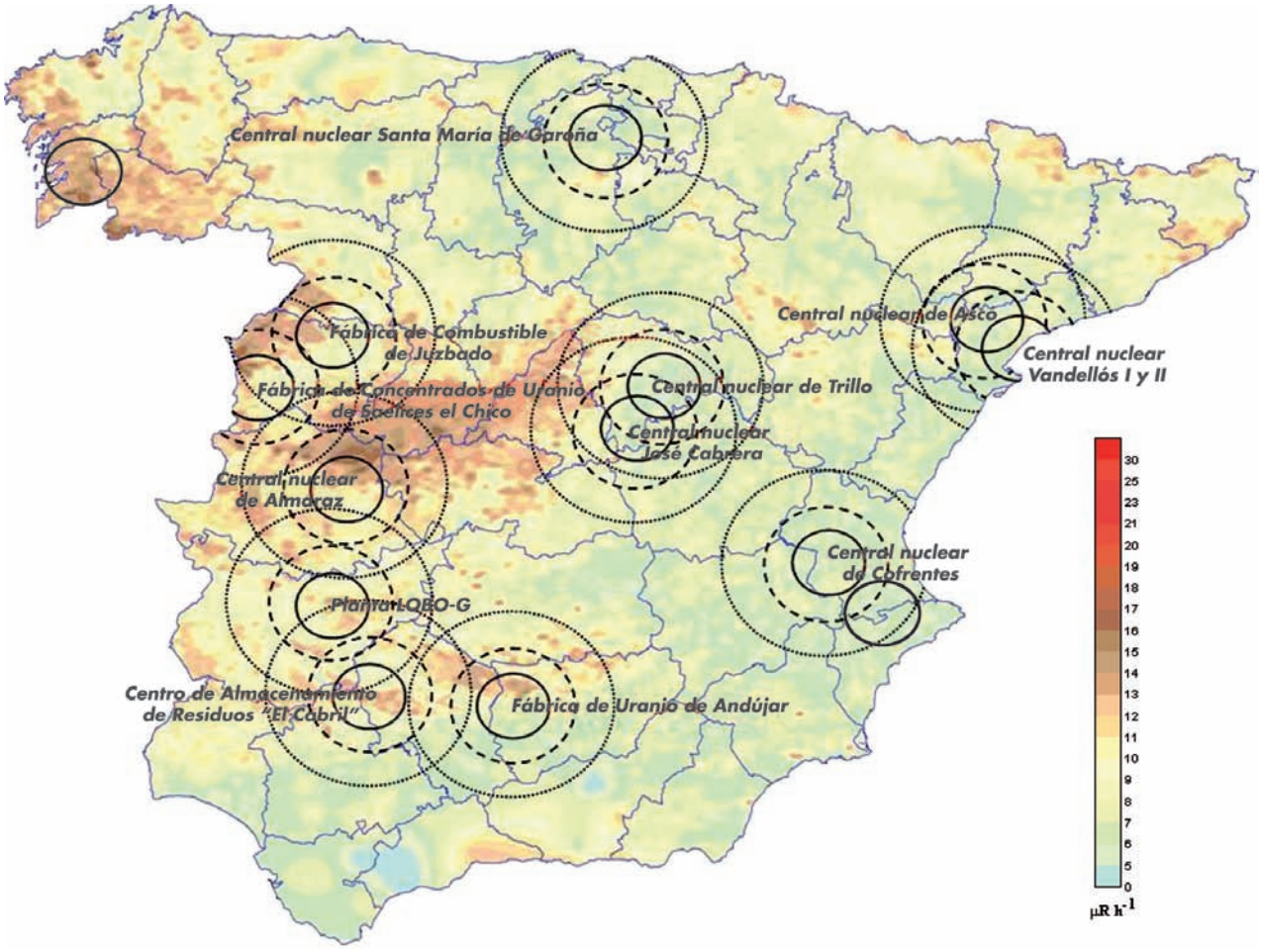
USNRC (1987). *Regulatory Guide 3.59:* Methods for Estimating Radioactive and Toxic Airborne Source Terms for Uranium Milling Operations, Marzo 1987.

Anexo XXII: Entornos peninsulares de referencia

Entornos peninsulares de referencia

Como se indicó en la sección 4.2 del informe sobre las estimaciones de dosis por el CSN dentro del convenio de colaboración con el Instituto de Salud Carlos III para la realización de un estudio epidemiológico, se han incluido en el estudio dos zonas caracterizadas, respectivamente, por un nivel bajo y un nivel elevado de radiación gamma en comparación con el promedio nacional. Estas zonas se localizan en la Comunidad Valenciana (zona de bajo fondo) y en Galicia (zona de alto fondo). Todas las áreas de estudio implicadas aparecen representadas en el mapa de la figura A22.1.

Figura A22.1. Mapa de radiación gamma natural. Los círculos en negro delimitan los entornos de radio 30, 50 y 100 km alrededor de las instalaciones, así como las zonas de control en Galicia y en la Comunidad Valenciana



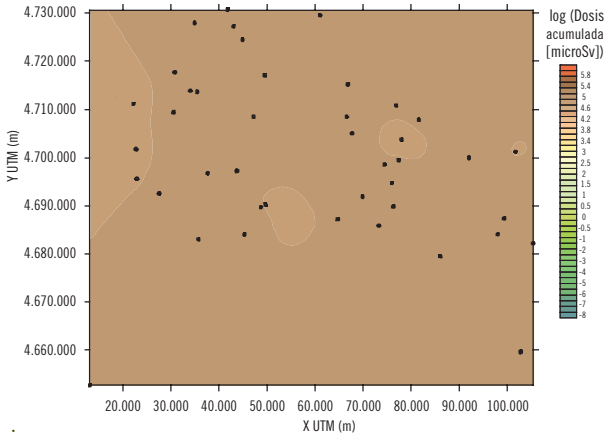
A22.1. Entorno peninsular de alto nivel de radiación natural

El entorno de alto nivel de radiación natural sobre el promedio nacional se ha seleccionado en Galicia, cubriendo la parte sur de la provincia de Pontevedra.

La figura A22.2 refleja la distribución de dosis en el entorno de 30 km considerado, indicando las dosis acumuladas por el individuo adulto por radiación natural en un período de 20 años, comparable al período de vida de las instalaciones consideradas en el estudio.

Análogamente, la tabla A22.1 ilustra los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de 20 años.

Figura A22.2. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto (microSv) por radiación natural en el entorno de alto nivel de radiación de 30 km en un período de 20 años



A22.2. Entorno peninsular de bajo nivel de radiación natural

El entorno de bajo nivel de radiación natural con respecto al promedio nacional se ha seleccionado en la Comunidad Valenciana, a caballo de las provincias de Valencia y Alicante.

La figura A22.3 refleja la distribución de dosis en el entorno de 30 km considerado, indicando las dosis acumuladas por el individuo adulto por radiación natural en un período de 20 años, comparable al período de vida de las instalaciones consideradas en el estudio.

Análogamente, la tabla A22.2 ilustra los resultados correspondientes a las distintas contribuciones anuales por radiación natural (mSv/año), así como el total de dosis acumulado durante el período de 20 años.

Figura A22.3. Distribución espacial de la dosis acumulada por el individuo adulto (microSv) por radiación natural en el entorno de bajo nivel de radiación de 30 km en un período de 20 años

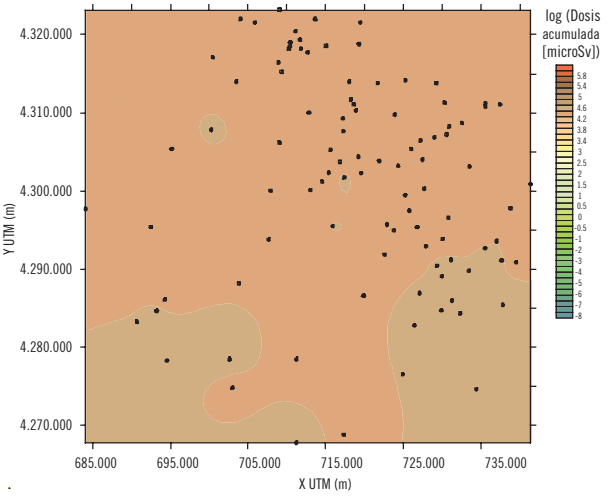


Tabla A22.1. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto en el entorno peninsular de alto nivel de radiación natural. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas a un período de 20 años (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Arnoia (A)	2,59	0,09	0,44	0,22	1,32	0,30	0,42	5,38	107,55
Avión	2,59	0,09	0,44	0,26	1,50	0,33	0,42	5,62	112,46
Beade	2,59	0,09	0,44	0,20	1,16	0,30	0,42	5,20	103,92
Beariz	2,59	0,09	0,44	0,18	1,07	0,36	0,42	5,15	102,98
Boborás	2,84	0,09	0,44	0,18	1,07	0,33	0,42	5,37	107,38
Carballeda de Avia	2,59	0,09	0,44	0,20	1,17	0,31	0,42	5,22	104,40
Cortegada	2,59	0,09	0,44	0,26	1,52	0,30	0,42	5,61	112,22
Leiro	1,59	0,09	0,44	0,21	1,22	0,31	0,42	4,27	85,31
Melón	2,59	0,09	0,44	0,25	1,46	0,34	0,42	5,58	111,52
Ribadavia	2,59	0,09	0,44	0,22	1,27	0,30	0,42	5,32	106,39
Barro	2,59	0,09	0,44	0,21	1,22	0,30	0,42	5,27	105,36
Bueu	2,59	0,09	0,44	0,15	0,86	0,30	0,42	4,84	96,89
Campo Lameiro	2,59	0,09	0,44	0,18	1,07	0,31	0,42	5,09	101,84
Cangas	2,59	0,09	0,44	0,16	0,94	0,29	0,42	4,93	98,67
Cañiza (A)	2,34	0,09	0,44	0,21	1,25	0,35	0,42	5,10	102,04
Cerdedo	2,59	0,09	0,44	0,26	1,54	0,33	0,42	5,66	113,20
Cotobade	2,59	0,09	0,44	0,25	1,46	0,33	0,42	5,57	111,32
Covelo	2,34	0,09	0,44	0,26	1,51	0,33	0,42	5,38	107,54
Forcarei	2,59	0,09	0,44	0,24	1,42	0,37	0,42	5,57	111,45
Fornelos de Montes	2,59	0,09	0,44	0,21	1,23	0,34	0,42	5,31	106,25
Lama (A)	2,82	0,09	0,44	0,22	1,32	0,36	0,42	5,66	113,26
Marín	2,59	0,09	0,44	0,21	1,25	0,29	0,42	5,30	105,90
Meaño	2,59	0,09	0,44	0,17	0,96	0,30	0,42	4,96	99,23
Meis	2,59	0,09	0,44	0,20	1,19	0,30	0,42	5,23	104,61
Moaña	2,59	0,09	0,44	0,19	1,10	0,29	0,42	5,11	102,27
Mondariz	1,57	0,09	0,44	0,26	1,54	0,30	0,42	4,62	92,39
Mondariz-Balneario	2,59	0,09	0,44	0,26	1,54	0,30	0,42	5,63	112,56
Moraña	2,59	0,09	0,44	0,24	1,39	0,30	0,42	5,47	109,31
Mos	2,59	0,09	0,44	0,19	1,12	0,30	0,42	5,15	103,02
Pontevedra	2,59	0,09	0,44	0,23	1,34	0,30	0,42	5,40	107,92
Pazos de Borbén	3,20	0,09	0,44	0,19	1,10	0,34	0,42	5,78	115,65
Porriño (O)	2,59	0,09	0,44	0,22	1,29	0,30	0,42	5,34	106,81
Portas	2,59	0,09	0,44	0,21	1,25	0,37	0,42	5,37	107,33
Poio	2,59	0,09	0,44	0,18	1,08	0,30	0,42	5,09	101,86
Ponte Caldelas	3,13	0,09	0,44	0,21	1,26	0,29	0,42	5,85	117,01
Ponteareas	2,09	0,09	0,44	0,26	1,51	0,31	0,42	5,12	102,36
Redondela	2,59	0,09	0,44	0,21	1,26	0,29	0,42	5,30	106,02
Ribadumia	2,59	0,09	0,44	0,19	1,14	0,29	0,42	5,16	103,19
Sanxenxo	2,59	0,09	0,44	0,15	0,85	0,30	0,42	4,82	96,41
Soutomaior	2,59	0,09	0,44	0,17	1,01	0,30	0,42	5,01	100,19
Vigo	2,59	0,09	0,44	0,21	1,24	0,30	0,42	5,28	105,62
Vilaboa	2,59	0,09	0,44	0,20	1,17	0,36	0,42	5,26	105,23

Tabla A22.2. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto en el entorno peninsular de bajo nivel de radiación natural. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas a un período de 20 años (mSv)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Agres	1,00	0,02	0,07	0,03	0,17	0,38	0,32	2,00	39,99
Alcocer de Planes	0,92	0,02	0,07	0,04	0,18	0,32	0,32	1,87	37,45
Alcoleja	1,10	0,02	0,07	0,05	0,29	0,38	0,32	2,23	44,63
Alcoy	0,92	0,02	0,07	0,04	0,20	0,35	0,32	1,92	38,37
Almudaina	0,92	0,02	0,07	0,04	0,23	0,36	0,32	1,96	39,22
Alqueria d'Asnar (L')	0,92	0,02	0,07	0,04	0,21	0,33	0,32	1,90	38,07
Balones	0,92	0,02	0,07	0,05	0,25	0,37	0,32	2,00	39,93
Banyeres de Mariola	0,92	0,02	0,07	0,03	0,17	0,40	0,32	1,93	38,66
Benasau	0,92	0,02	0,07	0,05	0,28	0,38	0,32	2,04	40,79
Beneixama	0,68	0,02	0,07	0,06	0,33	0,36	0,32	1,85	36,90
Beniarrés	0,92	0,02	0,07	0,03	0,15	0,33	0,32	1,83	36,69
Benifallim	0,92	0,02	0,07	0,06	0,31	0,38	0,32	2,08	41,66
Benilloba	0,92	0,02	0,07	0,05	0,28	0,35	0,32	2,01	40,28
Benillup	0,92	0,02	0,07	0,04	0,24	0,35	0,32	1,97	39,38
Benimarfull	0,92	0,02	0,07	0,04	0,21	0,33	0,32	1,91	38,28
Benimassot	0,92	0,02	0,07	0,04	0,24	0,38	0,32	2,00	39,95
Biar	1,05	0,02	0,07	0,05	0,24	0,38	0,32	2,12	42,42
Camp de Mirra (El)	0,92	0,02	0,07	0,06	0,33	0,36	0,32	2,08	41,51
Cañada	0,92	0,02	0,07	0,05	0,28	0,35	0,32	2,01	40,19
Castalla	0,92	0,02	0,07	0,02	0,08	0,37	0,32	1,80	36,10
Facheca	0,92	0,02	0,07	0,04	0,23	0,39	0,32	2,00	39,95
Cocentaina	0,92	0,02	0,07	0,04	0,22	0,34	0,32	1,93	38,55
Confrides	0,92	0,02	0,07	0,05	0,27	0,39	0,32	2,04	40,72
Famorca	0,92	0,02	0,07	0,04	0,21	0,37	0,32	1,96	39,13
Quatretondeta	0,92	0,02	0,07	0,05	0,26	0,36	0,32	2,00	39,97
Gaianes	0,92	0,02	0,07	0,03	0,16	0,33	0,32	1,86	37,11
Gorga	0,92	0,02	0,07	0,05	0,26	0,35	0,32	1,99	39,88
Ibi	0,92	0,02	0,07	0,02	0,09	0,39	0,32	1,83	36,61
Jijona	0,92	0,02	0,07	0,02	0,10	0,34	0,32	1,79	35,75
Lorcha	0,92	0,02	0,07	0,02	0,11	0,32	0,32	1,77	35,48
Millena	0,92	0,02	0,07	0,05	0,26	0,37	0,32	2,00	39,98
Muro de Alcoy	0,92	0,02	0,07	0,04	0,20	0,33	0,32	1,89	37,84
Onil	1,28	0,02	0,07	0,03	0,14	0,38	0,32	2,23	44,66
Penàguila	0,92	0,02	0,07	0,05	0,29	0,37	0,32	2,05	40,97
Relleu	1,21	0,02	0,07	0,05	0,28	0,33	0,32	2,28	45,64
Planes	0,92	0,02	0,07	0,04	0,20	0,34	0,32	1,90	37,97
Tibi	1,52	0,02	0,07	0,02	0,07	0,35	0,32	2,37	47,32
Tollos	0,92	0,02	0,07	0,04	0,23	0,39	0,32	1,99	39,82
Torre de les Maçanes (La)	0,92	0,02	0,07	0,05	0,25	0,39	0,32	2,02	40,43
Vall d'Alcalà (La)	0,92	0,02	0,07	0,03	0,14	0,31	0,32	1,81	36,15
Vall de Gallinera	0,92	0,02	0,07	0,05	0,24	0,32	0,32	1,94	38,72
Atzeneta d'Albaida	0,75	0,02	0,07	0,03	0,60	0,33	0,32	2,12	42,42

Tabla A22.2. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto en el entorno peninsular de bajo nivel de radiación natural. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas a un período de 20 años (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Agullent	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,33	0,32	1,71	34,17
Albaida	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,32	0,32	1,71	34,17
Alcúdia de Crespins (L')	0,78	0,02	0,07	0,03	0,17	0,30	0,32	1,70	33,98
Alfarrasí	0,78	0,02	0,07	0,03	0,13	0,31	0,32	1,65	33,07
Almiserà	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,62	32,49
Anna	0,78	0,02	0,07	0,05	0,26	0,31	0,32	1,82	36,31
Aielo de Malferit	0,74	0,02	0,07	0,03	0,13	0,31	0,32	1,62	32,40
Aielo de Rugat	0,68	0,02	0,07	0,02	0,10	0,32	0,32	1,52	30,41
Bèlgida	0,78	0,02	0,07	0,03	0,14	0,32	0,32	1,68	33,56
Bellús	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,30	0,32	1,62	32,42
Beniatjar	0,78	0,02	0,07	0,02	0,12	0,33	0,32	1,67	33,34
Benicolet	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,62	32,47
Benigánim	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,62	32,43
Benissoda	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,32	0,32	1,71	34,17
Benisuera	0,78	0,02	0,07	0,02	0,12	0,31	0,32	1,64	32,80
Bocairent	0,78	0,02	0,07	0,03	0,15	0,37	0,32	1,74	34,87
Bufali	0,78	0,02	0,07	0,03	0,15	0,31	0,32	1,69	33,78
Canals	0,39	0,02	0,07	0,03	0,14	0,30	0,32	1,27	25,49
Carrícola	0,78	0,02	0,07	0,03	0,15	0,32	0,32	1,69	33,88
Cerdà	0,78	0,02	0,07	0,04	0,19	0,30	0,32	1,73	34,58
Castelló de Rugat	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,32	0,32	1,64	32,71
Castellonet de la Conquesta	0,78	0,02	0,07	0,02	0,11	0,31	0,32	1,63	32,65
Quatretonda	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,62	32,42
Enguera	0,78	0,02	0,07	0,04	0,22	0,32	0,32	1,77	35,46
Estubeny	0,78	0,02	0,07	0,05	0,26	0,31	0,32	1,81	36,17
Fontanars dels Alforins	0,78	0,02	0,07	0,05	0,25	0,36	0,32	1,85	36,99
Font de la Figuera (La)	0,78	0,02	0,07	0,04	0,21	0,35	0,32	1,79	35,86
Genovés	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,30	0,32	1,69	33,78
Granja de la Costera (La)	0,78	0,02	0,07	0,04	0,21	0,30	0,32	1,75	34,96
Guadasequies	0,78	0,02	0,07	0,02	0,11	0,30	0,32	1,63	32,68
Xàtiva	0,63	0,02	0,07	0,04	0,19	0,30	0,32	1,58	31,51
Llutxent	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,32	0,32	1,63	32,54
Llocnou d'En Fenollet	0,78	0,02	0,07	0,04	0,20	0,30	0,32	1,72	34,49
Llocnou de Sant Jeroni	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,30	0,32	1,61	32,29
Llanera de Ranes	0,78	0,02	0,07	0,04	0,21	0,30	0,32	1,75	34,91
Llosa de Ranes (La)	0,78	0,02	0,07	0,05	0,26	0,30	0,32	1,80	36,01
Mogente	0,55	0,02	0,07	0,04	0,23	0,32	0,32	1,55	31,03
Montaverner	0,78	0,02	0,07	0,03	0,13	0,31	0,32	1,66	33,24
Montesa	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,32	0,32	1,70	34,09
Montichelvo	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,63	32,55
Novelé	0,78	0,02	0,07	0,03	0,18	0,30	0,32	1,71	34,22

Tabla A22.2. Dosis efectiva por radiación natural al individuo adulto en el entorno peninsular de bajo nivel de radiación natural. Contribuciones anuales (mSv/año) y dosis acumuladas a un período de 20 años (mSv) (continuación)

Municipio	Radón interior	Radón exterior	Torón	Gamma exterior	Gamma interior	Cósmica	Ingestión	Total anual (mSv/año)	Total acumulada (mSv)
Olleria (L')	0,38	0,02	0,07	0,03	0,13	0,31	0,32	1,26	25,22
Ontinyent	0,78	0,02	0,07	0,03	0,14	0,33	0,32	1,68	33,67
Otos	0,78	0,02	0,07	0,03	0,13	0,32	0,32	1,67	33,34
Palomar (El)	0,78	0,02	0,07	0,03	0,16	0,31	0,32	1,69	33,74
Pobla del Duc (La)	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,30	0,32	1,62	32,32
Ráfol de Salem	0,40	0,02	0,07	0,02	0,10	0,32	0,32	1,25	25,02
Rotglà i Corberà	0,78	0,02	0,07	0,04	0,23	0,30	0,32	1,77	35,42
Rugat	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,32	0,32	1,63	32,64
Salem	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,33	0,32	1,64	32,85
Sempere	0,78	0,02	0,07	0,02	0,11	0,31	0,32	1,64	32,75
Sellent	0,78	0,02	0,07	0,05	0,29	0,30	0,32	1,83	36,64
Terrateig	0,78	0,02	0,07	0,02	0,10	0,31	0,32	1,63	32,51
Torrella	0,78	0,02	0,07	0,04	0,20	0,30	0,32	1,73	34,70
Vallada	1,23	0,02	0,07	0,03	0,18	0,32	0,32	2,17	43,41
Vallés	0,78	0,02	0,07	0,04	0,19	0,30	0,32	1,72	34,46

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 7

SUMARIO 9

1. SELECCIÓN DE UN INDICADOR DE LA EXPOSICIÓN 11

2. ALCANCE DE LA RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LAS DOSIS A LOS MIEMBROS DEL PÚBLICO 13

3. RECONSTRUCCIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE DOSIS A LOS MIEMBROS DEL PÚBLICO 17

1. Metodología de estimación de dosis por radiación artificial basada en los efluentes de las instalaciones 18
1.1. Modelo de cálculo 20
1.2. Cálculo de dosis por efluentes líquidos 20
1.3. Cálculo de dosis por efluentes gaseosos 23
1.4. Principales hipótesis de cálculo 27

2. Metodología de estimación de dosis por radiación natural 31
2.1. Cálculo de dosis por radiación cósmica 31
2.2. Cálculo de dosis por radiación gamma terrestre 33
2.3. Cálculo de dosis por inhalación 35
2.4. Cálculo de dosis por ingestión 36
2.5. Dosis asociadas a actividades laborales 37

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LAS DOSIS AL PÚBLICO DERIVADAS DE LA OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS DEL CICLO DE COMBUSTIBLE Y DE LA RADIACIÓN NATURAL 39

1. Centrales nucleares 40
1.1. Central nuclear José Cabrera 40
1.2. Central nuclear de Santa María de Garoña 42
1.3. Central nuclear Vandellós I 42
1.4. Central nuclear Almaraz I y II 47
1.5. Central nuclear Ascó I y II 49
1.6. Central nuclear de Cofrentes 51
1.7. Central nuclear Vandellós II 51
1.8. Central nuclear de Trillo 55

2. Instalaciones radiactivas del ciclo de combustible nuclear 58
2.1. Centro de almacenamiento de residuos radiactivos de media y baja actividad de El Cabril 58
2.2. Fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado 60
2.3. Fábrica de concentrados de uranio de Andújar 62

2.4. Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio 65
2.5. Planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio 67
2.6. Planta Lobo-G de fabricación de concentrados de uranio 67

3. Dosis por radiación natural en los entornos de referencia seleccionados 70
3.1. Entorno de referencia de bajo fondo de radiación natural 70
3.2. Entorno de referencia de alto fondo de radiación natural 70

5. CONSIDERACIONES SOBRE LAS ESTIMACIONES DE DOSIS EN EL ENTORNO DE LAS INSTALACIONES 73

1. Dosis por radiación artificial derivada de las instalaciones 74
2. Dosis por radiación natural 76

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO 79

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81

ANEXOS 85

Anexo I. Aplicación de los modelos de retención y de dilución en el medio acuático en las distintas instalaciones 86

Anexo II. Modelos de dispersión atmosférica 90

Anexo III. Tasas de uso y consumo 97

Anexo IV. Constantes de desintegración y sedimentación 101

Anexo V. Factores de conversión a dosis 104

Anexo VI. Factores de bioacumulación y transferencia 108

Anexo VII. Parámetros de cálculo 113

Anexo VIII. Central nuclear José Cabrera 115

Anexo IX. Central nuclear de Santa María de Garoña 140

Anexo X. Central nuclear Vandellós I 165

Anexo XI. Central nuclear de Almaraz (I y II) 186

Anexo XII. Central nuclear de Ascó (I y II) 203

Anexo XIII. Central nuclear de Cofrentes 232

Anexo XIV. Central nuclear Vandellós II 246

Anexo XV. Central nuclear de Trillo 263

Anexo XVI. Centro de almacenamiento de El Cabril 283

Anexo XVII. Fábrica de elementos combustibles de uranio de Juzbado 290

Anexo XVIII. Fábrica de concentrados de uranio de Andújar 308

Anexo XIX. Planta Quercus de fabricación de concentrados de uranio 324

Anexo XX. Planta Elefante de fabricación de concentrados de uranio 336

Anexo XXI. Planta Lobo-G de fabricación de concentrados de uranio 351

Anexo XXII. Entornos peninsulares de referencia 364

Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural

Colección Informes Técnicos
25.2010

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR