

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2001

Estudio sectorial

CSN

Colección
Documentos
12.2004

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2001

Estudio sectorial

Amparo Castro Román, Isabel Villanueva Delgado, Ana Martín Alvariño,
M^a Jesús Muñoz González, Ignacio Amor Calvo, Manuel Rodríguez Martí

Índice

Introducción.....	7
I. Resumen de los datos de dosimetría personal	11
I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas.....	11
I.1.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas.....	12
I.1.1.1. Radiodiagnóstico.....	12
I.1.1.2. Radioterapia.....	13
I.1.1.3. Medicina nuclear	13
I.1.1.4. Odontología	13
I.1.1.5. Otros	14
I.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales	14
I.1.2.1. Radiología	15
I.1.2.2. Gammagrafía.....	15
I.1.2.3. Control de procesos	16
I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad.....	16
I.1.2.5. Comercialización-asistencia.....	16
I.1.2.6. Otros	17
I.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares	19
I.2.1. Central nuclear José Cabrera.....	21
I.2.2. Central nuclear Santa María de Garoña	21
I.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II	22
I.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II.....	22
I.2.5. Central nuclear de Cofrentes	23
I.2.6. Central nuclear Vandellós II	23
I.2.7. Central nuclear de Trillo	23
I.3. Resultados dosimétricos en el ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento	26
I.3.1. Fábrica de Juzbado (Enusa).....	26
I.3.2. Concentrados: planta Quercus (Enusa)	27
I.3.3. Residuos (Enresa).....	27

I.3.4. Central nuclear Vandellós I (operaciones de desmantelamiento y clausura)	27
I.4. Resultados dosimétricos en otro tipo de instalaciones.....	28
I.4.1. Centros de investigación y/o docencia	29
I.4.2. Entidades de transporte	29
I.4.3. Consejo de Seguridad Nuclear.....	29
I.5. Datos dosimétricos globales del país.....	30
II. Resumen y conclusiones.....	33
III. Tendencias en la exposición a radiaciones	43
IV. Anexo I. Estudio dosimétrico sectorial. Evolución temporal (1997-2001).....	51

Introducción

Introducción

El presente informe contiene la información elaborada por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional, Área de Protección Radiológica de los Trabajadores, en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevada a cabo sobre las personas expuestas en nuestro país a lo largo del año 2001.

Dicha información es de carácter sectorial y tiene por objetivo realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes.

La información contenida en el presente informe viene a cerrar el ejercicio dosimétrico correspondiente al año 2001 y actualiza datos previamente presentados a este respecto⁽¹⁾.

En este informe se han utilizado los datos obtenidos del Banco Dosimétrico Nacional (BDN), a partir de las dosis individualizadas asociadas al tipo de instalación y trabajo en los cuales los trabajadores expuestos han recibido dichas dosis.

Se han considerado los cuatro ámbitos de trabajo característicos del BDN: instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo de combustible y residuos y otras instalaciones.

En el ámbito de instalaciones radiactivas se han considerado distintos tipos de trabajo agrupados bajo la clasificación más generalizada de instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales. Para el ámbito de centrales nucleares se presentan los datos distinguiendo entre el personal de plantilla y de contrata. En el ámbito de otras instalaciones se han considerado los centros de investigación y/o docencia, las entidades de transporte y el personal expuesto perteneciente al Consejo de Seguridad Nuclear.

La información aportada incluye datos de dosimetría externa, correspondientes a cada uno de los sectores citados con anterioridad, y de dosimetría interna, correspondientes a los sectores de centrales nucleares y ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento.

Dentro de las conclusiones de este informe se ha incluido la comparación de los resultados dosimétricos correspondientes al año 2001 con los relativos al periodo comprendido entre los años 1997 y 2001 a fin de evaluar la tendencia experimentada a lo largo del tiempo en relación con la vigilancia y control dosimétrico de los trabajadores expuestos (TE) en España.

En el análisis de los datos incluidos en este estudio sectorial hay que tener en cuenta que en el cálculo de la dosis colectiva no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite de dosis.

1. En el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2001* se incluyó un avance de los resultados dosimétricos correspondientes al año 2001.

Los intervalos de dosis establecidos para la elaboración de este informe son los siguientes:

- Dosis significativas: superiores al nivel de registro (0,1 mSv/mes).
- 5 mSv: valor de límite de dosis para miembros del público establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes anterior al Real Decreto 783/01, de 6 de julio de 2001, en el que se establecen nuevos límites que entraron en vigor el 1 de enero de 2002.
- 20 mSv: límite de dosis anual para TE recomendado en publicación nº 60 de ICRP.
- 50 mSv: límite de dosis anual establecido en el anterior Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes y que coincide con la dosis efectiva máxima anual a recibir por un TE en cualquier año oficial del periodo de cinco años oficialmente consecutivos en los que el límite de dosis efectiva será de 100mSv de acuerdo con lo establecido en el actual Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes publicado en el año 2001.

I. Resumen de los datos de dosimetría personal

I. Resumen de los datos de dosimetría personal

I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas

Durante el año 2001 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas (IIRR) y que fueron controlados por estos centros se cifra en 72.987 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 36.713 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001 se puede concluir que, de los 72.987 trabajadores controlados:

- 25.755 trabajadores (35,29% del total) no han recibido dosis significativas.
- 46.522 trabajadores (63,74 % del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 619 trabajadores (0,85% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 82 trabajadores (0,11% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.

En cuanto a los nueve trabajadores restantes, un 0,01% del total, constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes⁽²⁾ al

haberse registrado valores de dosis superiores a 50 mSv/año. Los casos de potencial sobreexposición citados se distribuyen en los tipos de instalación que se indican a continuación:

- Instalaciones radiactivas médicas: siete casos de potencial sobreexposición, tres corresponden a instalaciones de radiodiagnóstico, tres a instalaciones de odontología y uno a instalaciones de radioterapia.
- Instalaciones radiactivas industriales: dos casos de potencial sobreexposición, uno en instalaciones de gammagrafía y uno en otras instalaciones.
- Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en el colectivo de trabajadores correspondiente a instalaciones radiactivas resulta ser de 0,78 mSv/año.

A continuación se desglosan en detalle los resultados dosimétricos obtenidos dentro de cada uno de los sectores considerados dentro de las instalaciones radiactivas: instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales.

2. En el Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2001 se informaron 10 casos de potencial superación de límite de dosis. Cabe indicar que corresponden a los nueve citados a lo largo de este informe más la situación correspondiente a un trabajador cuya superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma en las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).

I.1.1 Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas

Durante el año 2001 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas médicas y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 67.311 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 33.065 mSv.persona.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 2001 en este colectivo permite concluir que:

- 23.452 trabajadores (34,84% del total) no han recibido dosis significativas.
- 43.304 trabajadores (64,33% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 480 trabajadores (0,71% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 68 trabajadores (0,10% del total) han recibido dosis comprendida entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los siete trabajadores restantes (0,01% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,75 mSv/año.

A continuación, se desglosan estos datos globales en cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas médicas, tales como radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear, odontología y otros.

I.1.1.1. Radiodiagnóstico

El número de personas controladas fue de 40.546 a las que corresponde una dosis colectiva de 15.697 mSv.persona .

A modo de resumen cabe señalar que:

- 15.837 trabajadores (39,06% del total) no han recibido dosis significativas.
- 24.474 trabajadores (60,36% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 206 trabajadores (0,51% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 26 trabajadores (0,06% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los tres trabajadores restantes (0,01% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobre exposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,64 mSv/año.

I.1.1.2. Radioterapia

El número de personas controladas fue de 2.161 contabilizando una dosis colectiva de 856 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 768 trabajadores (35,54% del total), no han recibido dosis significativas.
- 1.380 trabajadores (63,86% del total), han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 11 trabajadores (0,50% del total), han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,05% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto al trabajador restante (0,05% del total) constituye caso de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobre exposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,61 mSv/año.

I.1.1.3. Medicina nuclear

El número de personas controladas fue de 1.862 a las que corresponde una dosis colectiva de 2.822 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 329 trabajadores (17,67% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.403 trabajadores (75,35% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 126 trabajadores (6,77% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 4 trabajadores (0,21% del total) han recibido dosis superiores comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media de este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,84 mSv/año.

I.1.1.4. Odontología

El número de personas controladas fue de 11.500 a las que corresponde una dosis colectiva de 8.715 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 2.392 trabajadores (20,80% del total) no han recibido dosis significativas.
- 8.990 trabajadores (78,17% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 90 trabajadores (0,78% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

- 25 trabajadores (0,21% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los tres trabajadores restantes (0,03% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,96 mSv/año.

I.1.1.5. Otros

El número de personas controladas fue de 12.639 a las que corresponde una dosis colectiva de 4.975 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 4.994 trabajadores (39,51% del total) no han recibido dosis significativas.
- 7.594 trabajadores (60,08% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 40 trabajadores (0,32% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 11 trabajadores (0,09% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,65 mSv/año.

I.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales

Durante el año 2001 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas industriales y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 5.676 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 3.648 mSv.persona.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 2001 en este colectivo permite concluir que:

- 2.303 trabajadores (40,57% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.218 trabajadores (56,69% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 139 trabajadores (2,45% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 14 trabajadores (0,25% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- 2 trabajadores (0,04% del total), consti-

tuyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media de este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,08 mSv/año.

A continuación, se desglosan estos datos globales en cada una de las distintas clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas industriales, tales como; radiología, gammagrafía, control de procesos, medidas de densidad y humedad del suelo, comercialización-asistencia y otros.

I.1.2.1. Radiología industrial

El número de personas controladas fue de 595 a las que corresponde una dosis colectiva de 618 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 297 trabajadores (49,92% del total) no han recibido dosis significativas.
- 253 trabajadores (42,52% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 43 trabajadores (7,23% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 2 trabajadores (0,33% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.

- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,07 mSv/año.

I.1.2.2. Gammagrafía

El número de personas controladas fue de 471 a las que corresponde una dosis colectiva de 847 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 140 trabajadores (29,72% del total) no han recibido dosis significativas.
- 271 trabajadores (57,54% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 57 trabajadores (12,10% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 2 trabajadores (0,43% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Un trabajador (0,21% del total) ha recibido dosis superior a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,57 mSv/año.

I.1.2.3. Control de procesos

El número de personas controladas fue de 1.381 a las que corresponde una dosis colectiva de 583 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 741 trabajadores (53,66% del total) no han recibido dosis significativas.
- 619 trabajadores (44,82% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (1,01% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 7 trabajadores (0,51% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,91 mSv/año.

I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad

El número de personas controladas fue de 627 a las que corresponde una dosis colectiva de 260 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 219 trabajadores (34,93% del total) no han recibido dosis significativas.

- 405 trabajadores (64,59% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 2 trabajadores (0,32% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,16% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,64 mSv/año.

I.1.2.5. Comercialización-asistencia

El número de personas controladas fue de 1.138 a las que corresponde una dosis colectiva de 505 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 402 trabajadores (35,32% del total) no han recibido dosis significativas.
- 730 trabajadores (64,15% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 6 trabajadores (0,53% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,69 mSv/año.

I.1.2.6. Otros

El número de personas controladas fue de 1.546 a las que corresponde una dosis colectiva de 835 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 547 trabajadores (35,38% del total) no han recibido dosis significativas.
- 981 trabajadores (63,45% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 16 trabajadores (1,03% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

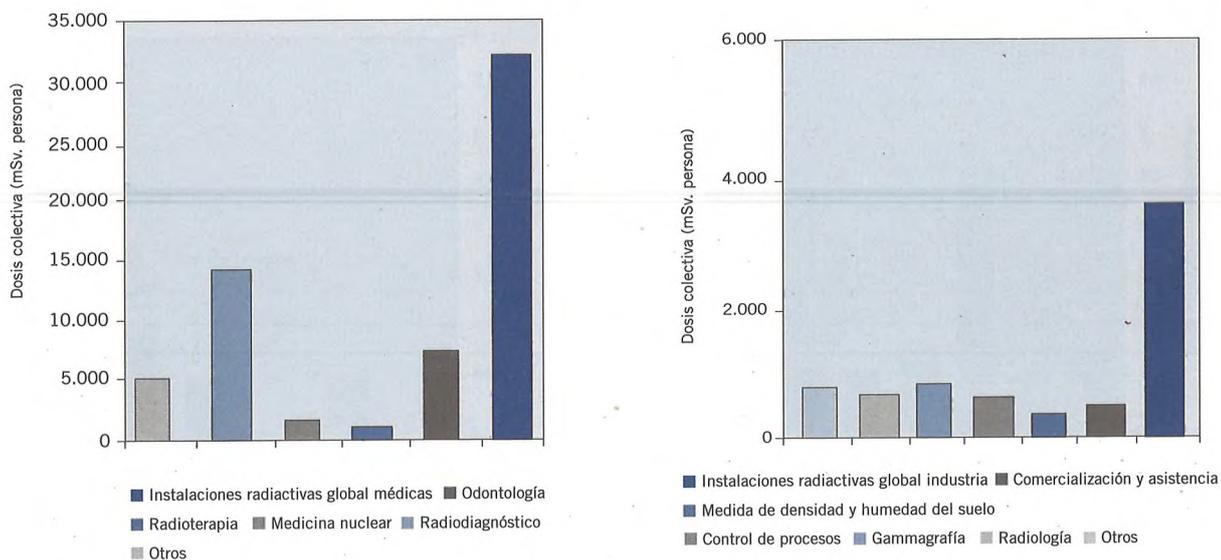
- Un trabajador (0,07% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Un trabajador (0,07% del total) ha recibido dosis superior a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,84 mSv/año.

A modo de resumen de los datos aportados en relación con las instalaciones radiactivas, y de forma comparativa, se presenta en las siguientes figuras:

- La figura 1 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como al valor global.

Figura 1. Dosis colectiva en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2001)



- La figura 2 representa el número de trabajadores correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales.

- La figura 3 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como el valor global.

Figura 2. Número de trabajadores en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2001)

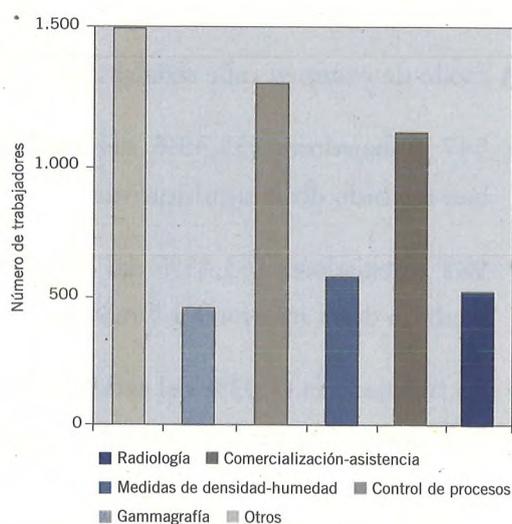
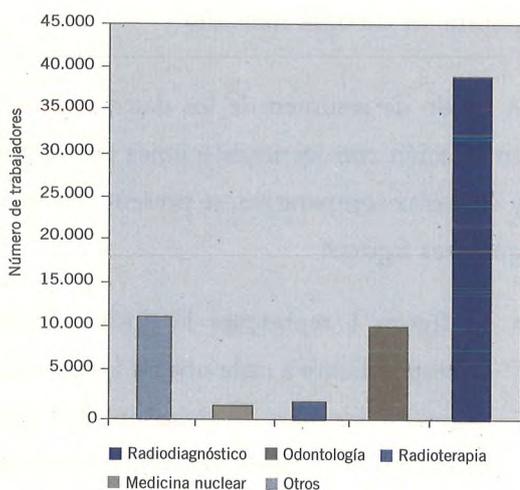
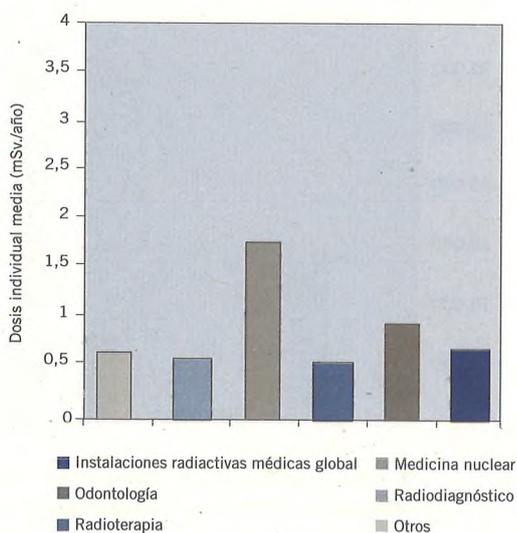
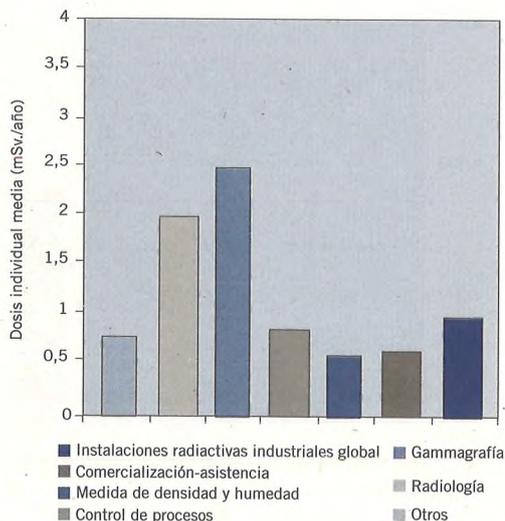


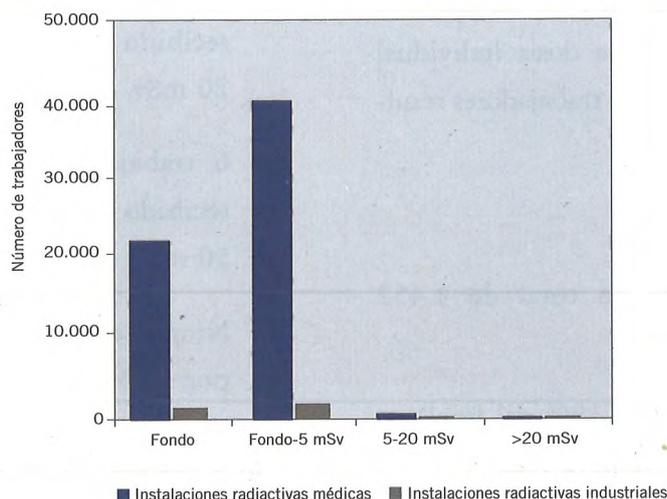
Figura 3. Dosis individual en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2001)



- La figura 4 representa la distribución estadística del número de usuarios por intervalo de

dosis considerado, diferenciándose entre instalaciones radiactivas médicas e industriales.

Figura 4. Número de trabajadores por intervalo de dosis en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2001)



I.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares

Durante el año 2001 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las centrales nucleares en operación y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 6.532 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 4.559 mSv.persona, de la cual un 18%, aproximadamente, corresponde a personal de plantilla y un 82%, aproximadamente, a personal de contrata.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001, elaborada considerando conjuntamente la

operación normal y las operaciones de recarga⁽³⁾, se deduce que:

a) Personal de plantilla:

- Se han controlado un total de 2.142 trabajadores.
- 1.440 trabajadores (67,23% del total) no han recibido dosis significativas.
- 684 trabajadores (31,93% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.

3. Todos los valores corresponden a las dosis registradas mediante dosimetría oficial, extraídos de la información existente en el BDN. Con lo que se deberá tener en cuenta el hecho de que los trabajadores de contrata desarrollan trabajos en más de una central nuclear. Esto motiva que el número total de trabajadores en el sector nuclear y su distribución por intervalos de dosis no se corresponda con la suma del número de trabajadores en cada central.

- 18 trabajadores (0,84% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,17 mSv/año.

b) Personal de contrata:

- Se han controlado un total de 4.452 trabajadores.
- 2.065 trabajadores (46,38% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.244 trabajadores (50,40% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 137 trabajadores (3,08% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 6 trabajadores (0,14% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 1,57 mSv.

c) Datos globales:

- Se han controlado un total de 6.532 trabajadores.

- 3.448 trabajadores (52,79% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.923 trabajadores (44,75% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 155 trabajadores (2,37% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 6 trabajadores (0,09% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,48 mSv/año.

Estos resultados hacen que la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 2001 sea de 507 mSv.persona⁽⁴⁾.

En lo que se refiere a la dosimetría interna, se han realizado controles, mediante medida directa de la radiactividad corporal, a todos los trabajadores con riesgo significativo de incorporación de radionucleidos⁽⁵⁾. En ninguno de los controles efectuados, mediante medida directa de la radiactividad

4. En el cálculo de la dosis colectiva por reactor se han tenido en cuenta las condiciones operativas de los reactores nucleares en España para el año 2001, estando en funcionamiento en ese momento dos reactores tipo BWR y siete reactores tipo PWR.

corporal, se han detectado casos de contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).

A continuación, se resumen los aspectos más relevantes en relación con cada una de las centrales nucleares.

1.2.1. Central nuclear José Cabrera

El número de personas controladas fue de 506 a las que corresponde una dosis colectiva de 856 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 23% entre el personal de plantilla y un 77% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 148 trabajadores (29,25% del total) no han recibido dosis significativas.
- 309 trabajadores (61,07% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 49 trabajadores (9,68% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas la dosis individual

media, en este colectivo de trabajadores, resulta ser de 2,39 mSv/año para la totalidad del personal, 2,11 mSv/año para el personal de plantilla y 2,49 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

1.2.2. Central nuclear Santa M^a de Garoña

El número de personas controladas fue de 1.576 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.286 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 15% entre el personal de plantilla y un 85% entre el personal de contrata

A modo de resumen cabe señalar que:

- 563 trabajadores (35,72% del total) no han recibido dosis significativas.
- 988 trabajadores (62,69% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 25 trabajadores (1,59% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,27 mSv/año para la totalidad del personal,

5. El número de trabajadores controlados en cada instalación se refleja en los apartados que figuran a continuación. No se aporta un valor global al no ser sumatorios los correspondientes a cada una de las instalaciones consideradas debido a que algunos trabajadores de contrata han sido controlados a lo largo del año 2001 en varias instalaciones.

1,17 mSv/año para el personal de plantilla y 1,29 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

1.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.565 a las que corresponde una dosis colectiva de 529 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 15% entre el personal de plantilla y un 85% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que

- 851 trabajadores (54,38% del total) no han recibido dosis significativas.
- 708 trabajadores (45,24% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 6 trabajadores (0,38% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,74 mSv/año para la totalidad del personal, 0,74 mSv/año para el personal de plantilla y 0,74 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de la unidad II.

1.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.616 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.175 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 5% entre el personal de plantilla y un 95% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 782 trabajadores (48,39% del total) no han recibido dosis significativas.
- 787 trabajadores (48,70% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 47 trabajadores (2,91% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,41 mSv/año para la totalidad del personal, 0,48 mSv/año para el personal de plantilla y 1,58 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de la unidad I y II.

1.2.5. Central nuclear de Cofrentes

El número de personas controladas fue de 710 a las que corresponde una dosis colectiva de 471 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 54% entre el personal de plantilla y un 46% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 448 trabajadores (63,10% del total) no han recibido dosis significativas.
- 248 trabajadores (34,93% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 14 trabajadores (1,97% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,80 mSv/año para la totalidad del personal, 1,78 mSv/año para el personal de plantilla y 1,82 mSv/año para el personal de contrata.

1.2.6. Central nuclear Vandellós II

El número de personas controladas fue de 708 a las que corresponde una dosis colectiva de 28 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 21% entre el personal de plantilla y un 79% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 641 trabajadores (90,54% del total) no han recibido dosis significativas.
- 67 trabajadores (9,46% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,41 mSv/año para la totalidad del personal, 0,54 mSv/año para el personal de plantilla y 0,39 mSv/año para el personal de contrata.

1.2.7. Central nuclear de Trillo

El número de personas controladas fue de 1.063 a las que corresponde una dosis colectiva de 214 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 11% entre el personal de plantilla y un 89% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 715 trabajadores (67,26% del total) no han recibido dosis significativas.
- 348 trabajadores (32,74% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,61 mSv/año para la totalidad del personal, 0,45 mSv/año para el personal de plantilla y 0,64 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

A modo de resumen de los datos aportados en relación con las centrales nucleares, y de forma comparativa, se presenta en las siguientes figuras:

- La figura 5 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales nucleares diferenciándose entre plantilla, contrata y global.

Figura 5. Dosis colectiva de trabajadores en centrales nucleares españolas (2001)

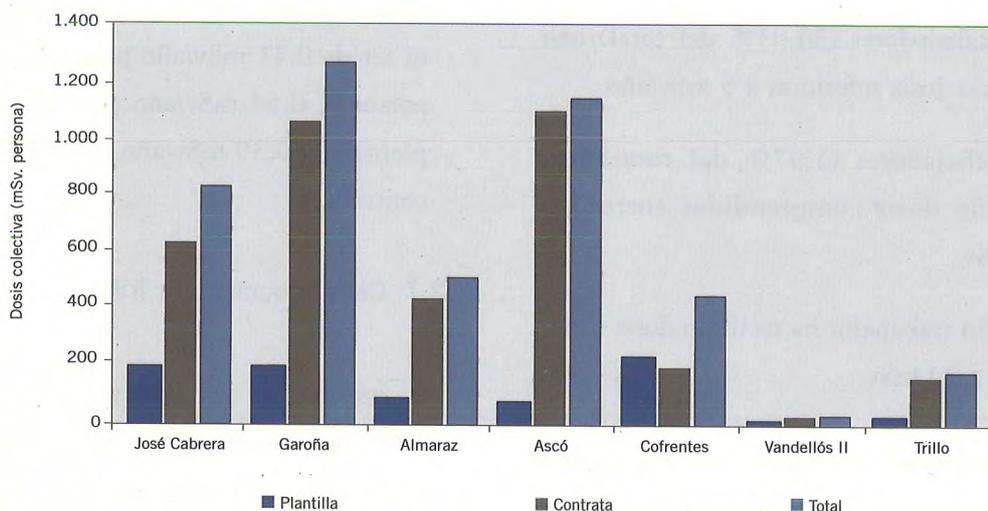
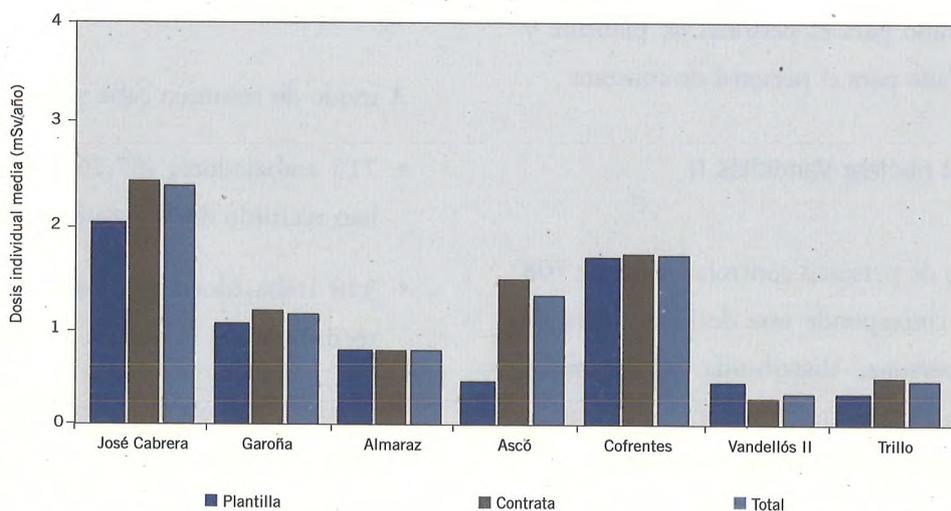


Figura 6. Dosis individual media para trabajadores en centrales nucleares españolas (2001)



- La figura 6 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las centrales nucleares diferenciándose entre plantilla, contrata y global.
- La figura 7 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales

nucleares junto con el número de trabajadores perteneciente a cada una de ellas.

- La figura 8 representa para el conjunto de centrales nucleares, la distribución de dosis en los intervalos considerados diferenciándose entre plantilla y contrata.

Figura 7. Dosis colectiva y número de trabajadores en centrales nucleares españolas (2001)

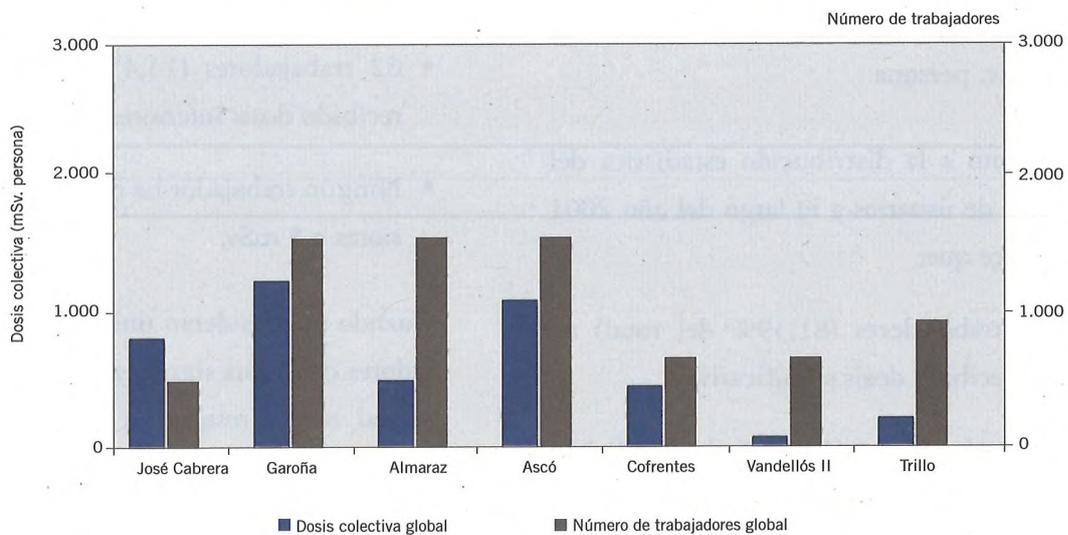
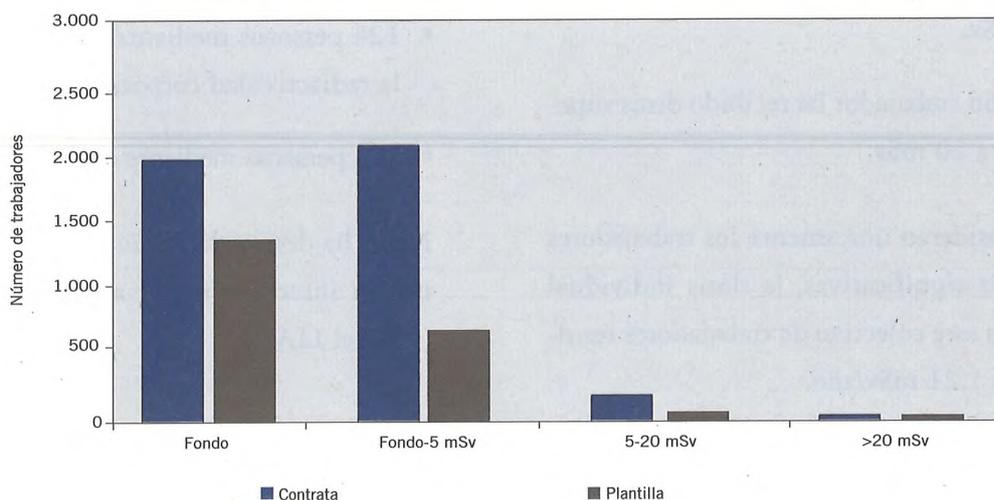


Figura 8. Número de trabajadores por intervalo de dosis en centrales nucleares españolas (2001)



1.3. Resultados dosimétricos en el ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento

Durante el año 2001 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones del ciclo de combustible, residuos y central nuclear Vandellós I (operaciones de clausura) y que fueron controlados dosiméricamente se cifra en 1.091 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 247 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001 se deduce que:

- 888 trabajadores (81,39% del total) no han recibido dosis significativas.
- 187 trabajadores (17,14% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 16 trabajadores (1,47% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,21 mSv/año.

1.3.1. Fábrica de Juzbado (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en 2001 ha sido de 429 a los que corresponde una dosis colectiva de 25 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001 se deduce que:

- 367 trabajadores (85,55% del total) no han recibido dosis significativas.
- 62 trabajadores (14,45% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas la dosis individual media resulta en un valor de 0,40 mSv/año.

En lo que se refiere a la dosimetría interna, se han realizado controles a:

- 124 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal.
- 195 personas mediante análisis de excretas.

No se ha detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro (1% del LIA).

1.3.2. Concentrados: planta Quercus (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en este año 2001 ha sido de 89 a los que corresponde una dosis colectiva de 1 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001 se deduce que:

- 85 trabajadores (95,51% del total) no han recibido dosis significativas.
- 4 trabajadores (4,49% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,14 mSv/año.

En lo que se refiere a la dosimetría interna, se han realizado controles a 37 personas mediante análisis de excretas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

1.3.3. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa)

El número total de trabajadores controlados en este año 2001 ha sido de 245 a los que corresponde una dosis colectiva de 23 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2001 se deduce que:

- 210 trabajadores (85,71% del total) no han recibido dosis significativas.
- 35 trabajadores (14,29% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,66 mSv/año.

En lo que se refiere a la dosimetría interna, se han realizado controles a 134 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

1.3.4 Central nuclear Vandellós I (operaciones de clausura)

El número de personas controladas fue de 342 a las que corresponde una dosis colectiva de 198 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 240 trabajadores (70,17% del total) no han recibido dosis significativas.
- 86 trabajadores (25,15% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

- 16 trabajadores (4,68% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- No hay ningún trabajador con dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,94 mSv/año para la totalidad del personal.

En esta instalación no se hace una diferenciación entre personal de contrata y personal de plantilla puesto que la práctica totalidad de los trabajos de desmantelamiento los realizan empresas de contrata.

En lo que se refiere a la dosimetría interna, se han realizado los siguientes controles:

- Medida directa de la radiactividad corporal a un total de 327 personas no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).
- Medida indirecta mediante análisis de excretas a 102 personas no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna por encima del nivel de registro establecido⁶.

6. A lo largo del año 2001 se ha llevado a cabo el proceso de investigación asociado a dos posibles casos de contaminación interna como consecuencia de trabajos efectuados a finales del año 2000. Tras concluir el estudio citado, la asignación de dosis efectiva comprometida ha sido de 1,3 mSv para uno de los trabajadores e inferior a nivel de registro (0,6 mSv) en el caso del otro trabajador afectado.

I.4. Resultados dosimétricos en otros tipos de instalaciones

Dentro de este apartado se ha considerado la siguiente clasificación:

- Centros de investigación y/o docencia: instalaciones de rayos X, instalaciones con fuentes encapsuladas, instalaciones con fuentes no encapsuladas, instalaciones con aceleradores de partículas, instalaciones mixtas y otras.
- Entidades de transporte: transporte de residuos y de material radiactivo.
- Consejo de Seguridad Nuclear.

De acuerdo con los datos disponibles se puede concluir que durante el año 2001 el número de personas controladas fue de 4.782 contabilizando una dosis colectiva de 856 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística de las dosis acumuladas a lo largo del año 2001 en este colectivo de trabajadores cabe señalar que:

- 2.637 trabajadores (55,14% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.133 trabajadores (44,61% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 12 trabajadores (0,25% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,40 mSv/año.

1.4.1 Centros de investigación/docencia

El número de trabajadores controlados ha sido de 4.586 a los que corresponde una dosis colectiva de 703 mSv.persona

A modo de resumen cabe señalar que:

- 2.482 trabajadores (54,12% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.103 trabajadores (45,86% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Un trabajador (0,02% del total) ha recibido dosis comprendida entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,33 mSv/año.

1.4.2 Entidades de transporte

El número de trabajadores controlados ha sido de 56 a los que corresponde una dosis colectiva de 152 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 17 trabajadores (30,36% del total) no han recibido dosis significativas.
- 28 trabajadores (50,00% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 11 trabajadores (19,64% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador a recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 3,89 mSv/año.

1.4.3 Consejo de Seguridad Nuclear

El número de trabajadores controlados ha sido de 140 a los que corresponde una dosis colectiva de 1 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 138 trabajadores (98,57% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2 trabajadores (1,43% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,31 mSv/año.

1.5. Datos dosimétricos globales del país

A modo de resumen de los datos dosimétricos presentados en este informe, cabe señalar que para el conjunto del país (instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo de combustible y otras) y de acuerdo con los datos disponibles, excluyendo los casos de potencial sobreexposición:

- El número de personas expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente asciende a 85.392 a los que corresponde una dosis colectiva de 42.375 Sv.persona.
- 32.728 trabajadores (38,33% del total) no han recibido dosis significativas.
- 51.765 trabajadores (60,62% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 802 trabajadores (0,94% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 88 trabajadores (0,10% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los nueve trabajadores restantes (0,01% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis⁷⁾.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobredosis, la dosis individual media en el conjunto de los trabajadores resulta ser de 0,80 mSv/año.

7. En el Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2001 se informaron diez casos de potencial superación de límite de dosis, cabe indicar que corresponden a los nueve citados a lo largo de este informe más la situación correspondiente a un trabajador cuya superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma en las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).

II. Resumen y conclusiones

II. Resumen y conclusiones

A lo largo de los apartados anteriores se han expuesto los resultados dosimétricos correspondientes a los trabajadores expuestos del país, desglosados dentro de los diferentes tipos de instalaciones o áreas de trabajo existentes en España: instalaciones radiactivas, médicas e industriales, centrales nucleares, instalaciones del ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento y otras instalaciones⁽⁸⁾.

Como hecho destacable cabe mencionar que, aunque el límite reglamentario de dosis efectiva para personal expuesto es, de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 del R.D. 783/01 de 6 de julio de 2001, de 100 mSv durante todo periodo de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial, el 98,95% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año, el 99,89% ha recibido dosis inferiores a 20 mSv/año y el 99,99% dosis inferiores a 50 mSv/año. El 0,01% de los trabajadores restantes (nueve trabajadores pertenecientes todos ellos a instalaciones radiactivas) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el Reglamento. Asimismo, la dosis individual media por sectores no supera en ningún caso el valor de 5 mSv/año.

Se efectúa a continuación un estudio comparativo entre los diferentes sectores establecidos considerando tres elementos básicos de análisis y evaluación:

1. Número de trabajadores expuestos.
2. Dosis colectiva y dosis individual media.
3. Número de trabajadores expuestos con dosis inferiores a 5 mSv/año y con dosis superiores a 20 mSv/año.

A la hora de valorar los resultados hay que tener en cuenta que en el año 2001 estaban en funcionamiento dos reactores nucleares de tipo BWR (Garofa y Cofrentes) y siete reactores nucleares de tipo PWR (José Cabrera, Almaraz I y II, Ascó I y II, Vandellós II y Trillo); además, la central nuclear de Vandellós I se encontraba en proceso de desmantelamiento.

Asimismo, se realizaron operaciones de recarga en las siguientes centrales nucleares en operación: José Cabrera, Almaraz (unidad II), Ascó (unidad I y II), Trillo y Sta. María de Garofa.

En lo que se refiere a las instalaciones del ciclo de combustible, en 2001 estaban en operación la fábrica de combustible de Juzbado, la planta Quercus de producción de concentrados (en fase de pre-desmantelamiento) y la instalación de almacenamiento de residuos de Sierra Albarrana (El Cabril).

8. Los datos presentados a lo largo de este informe se han recogido de forma global en las figuras 9-14.

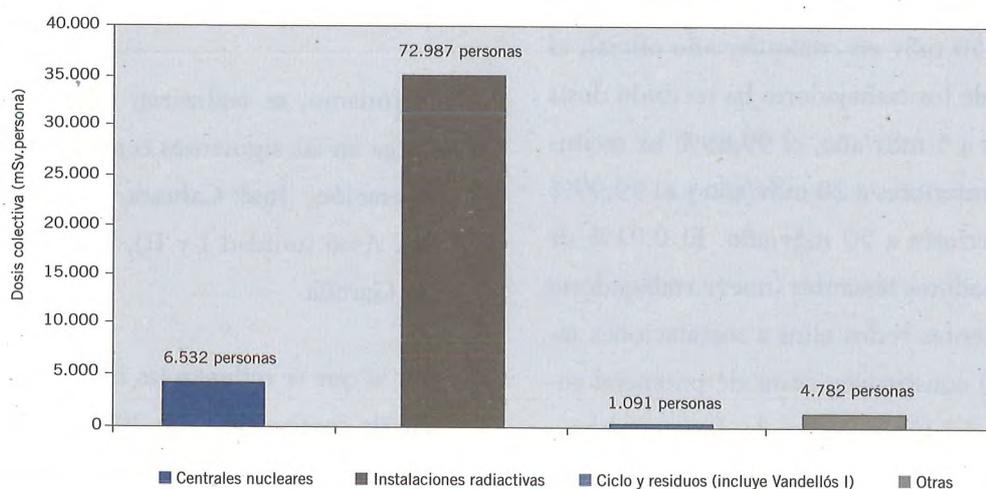
II.1. En lo que se refiere a la dosis colectiva

1.1. El número de personas expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente durante el año 2001 asciende a 85.392 a las que corresponde una dosis colectiva de 42.375 mSv.persona⁹⁾, que se distribuyen sectorialmente según la siguiente tabla.

1.2. La mayor contribución a la dosis colectiva de los trabajadores expuestos (TE) corresponde a las instalaciones radiactivas médicas⁽¹⁰⁾ y dentro de éstas a las instalaciones médicas de radiodiagnóstico (15.697 mSv.persona), siendo estas últimas, asimismo, las más representativas en cuanto al número de trabajadores (40.546 personas, un 47% del total de trabajadores ex-

	Nº trabajadores	Dosis colectiva (mSv.persona)
Instalaciones radiactivas médicas	67.311	33.065
Instalaciones radiactivas industriales	5.676	3.648
Centrales nucleares	6.532	4.559
Ciclo combustible y residuos	1.091	247
Otras instalaciones	4.782	856
Total	85.392	42.375

Figura 9. Dosis colectiva y número de trabajadores por sectores (2001)



9. En relación con este valor cabe indicar que en el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2001* figura como dosis colectiva 42.374. La diferencia con el valor reflejado en este informe es debida a la dosis colectiva del personal del Consejo de Seguridad Nuclear, información que no se incluye en el Informe anual.

10. En las figuras 1 a 4 se presentan de forma resumida los resultados dosimétricos correspondientes a instalaciones radiactivas, médicas e industriales.

puestos controlados dosimétricamente durante al año 2001).

1.3. En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales la mayor contribución a la dosis colectiva corresponde a las instalaciones de gammagrafía (847 mSv.persona), sector que, por el contrario, es el menos representativo en cuanto al número de trabajadores (471) del conjunto de instalaciones radiactivas industriales. Este hecho se traduce, como se verá en el siguiente apartado, en unas dosis individuales medias (2,57 mSv) superiores a las registradas en el resto de instalaciones consideradas en el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales.

1.4. En el sector nuclear la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 2001 ha si-

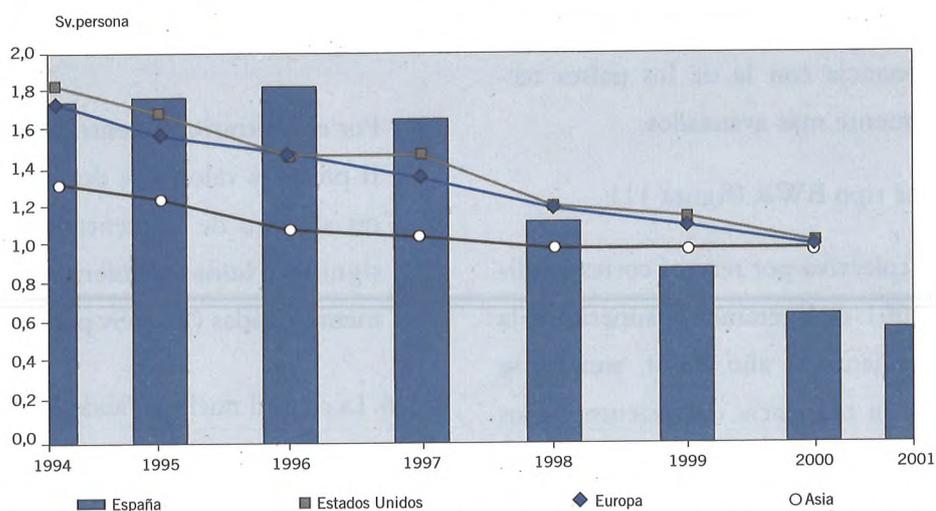
do de 507 mSv.persona, valor inferior al correspondiente al año 2000 (785 mSv.persona), lo que representa una tendencia global decreciente en los últimos diez años.

Con objeto de realizar una valoración global de la dosimetría de los trabajadores expuestos en el sector nucleoelectrónico español, en las figuras 10 y 11 se muestra la evolución temporal de la dosis colectiva por tipo de reactor y año correspondientes a las centrales nucleares españolas y se comparan con los valores registrados en el ámbito internacional⁽¹¹⁾.

Los resultados obtenidos para este parámetro pueden valorarse positivamente si se tiene en cuenta que:

a) Reactores tipo PWR (figura 10):

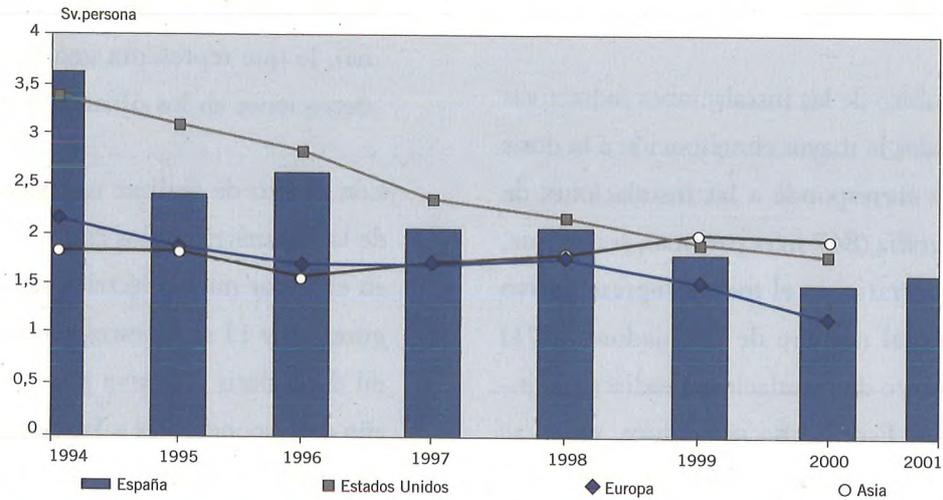
Figura 10. Dosis colectiva media (Sv.persona) para reactores de tipo PWR. Comparación internacional



En la elaboración de esta gráfica se han considerado dosis medias colectivas trianuales para reactores de tipo PWR en cada región de comparación.

11. Los datos internacionales son los publicados por el Sistema Internacional de Información sobre Exposiciones Ocupacionales (ISOE- Information System on Occupational Exposure).

Figura 11. Dosis colectiva media (Sv.persona) para reactores de tipo BWR. Comparación internacional



En la elaboración de esta gráfica se han considerado dosis medias colectivas trianuales para reactores de tipo BWR en cada región de comparación.

- La dosis colectiva por reactor correspondiente a 2001 es inferior a la correspondiente a 2000, lo cual confirma la tendencia decreciente de los últimos años. Hay que indicar que en el año 2001 se efectuaron paradas de recarga en las centrales nucleares Ascó I, y II, Almaraz II, Trillo y José Cabrera.
- La situación en las centrales españolas está en consonancia con la de los países tecnológicamente más avanzados.

b) Reactores tipo BWR (figura 11):

- La dosis colectiva por reactor correspondiente a 2001 es ligeramente superior a la correspondiente al año 2000, aunque se mantiene la tendencia decreciente de los últimos años. Hay que indicar que en el año 2001 se efectuó parada de recarga en la central nuclear de Garoña.
- Las dosis colectivas por reactor año han ido

disminuyendo progresivamente a lo largo de los últimos años hasta equipararse con los resultados registrados para este tipo de centrales en el ámbito internacional.

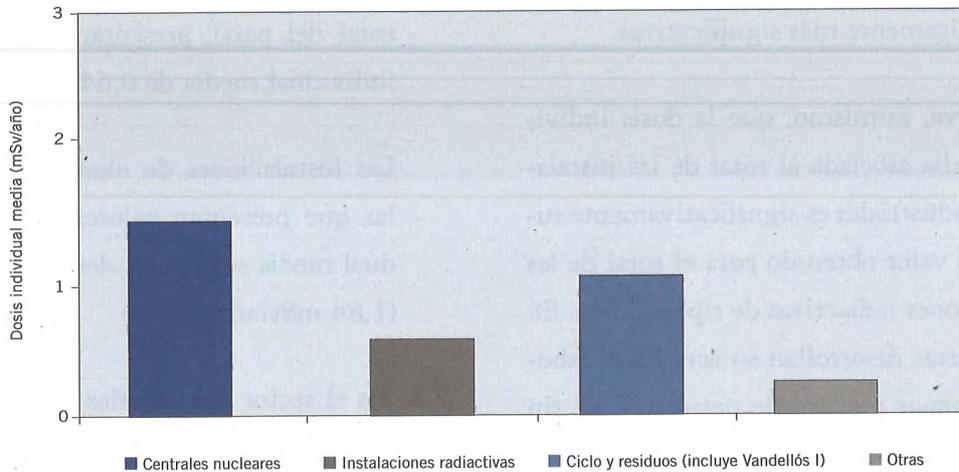
1.5. Dentro del sector⁽¹²⁾ nuclear, es en la central nuclear de Garoña donde se registra la dosis colectiva más elevada (1.286 mSv.persona), seguida de Ascó (1.175 mSv.persona).

Por el contrario, la central nuclear Vandellós II presenta valores de dosis colectiva inferiores al resto de las centrales en operación y significativamente inferiores a las anteriormente citadas (28 mSv.persona).

1.6. La central nuclear Vandellós I (198 mSv.persona), dentro del sector del ciclo de combustible y residuos, es la que contribuye en ma-

12. En las figuras 5 a 8 se presentan los resultados dosimétricos correspondientes a centrales nucleares.

Figura 12. Dosis individual media por sectores (2001)



yor medida a los valores de dosis colectiva registrados.

1.7. Dentro del grupo “otras instalaciones” son los centros de investigación/docencia los que más contribuyen a la dosis colectiva (703 mSv.persona) siendo también los más representativos en cuanto al número de trabajadores expuestos (4.586 personas).

II.2. En lo que se refiere a la dosis individual media

2.1. Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media correspondiente al año 2001, para el global de los TE del país, resulta ser de 0,80 mSv/año. Los valores de este parámetro en cada uno de los sectores considerados son los que siguen:

	Dosis individual media (mSv/año)
Instalaciones radiactivas médicas	0,75
Instalaciones radiactivas industriales	1,08
Centrales nucleares	1,48
Ciclo combustible y residuos	1,21
Otras instalaciones	0,40

2.2. La dosis individual media correspondiente a centrales nucleares es superior a la del resto de los sectores considerados, siendo de destacar que es el personal de contrata el que presenta valores de dosis individual media superiores (1,57 mSv/año frente a 1,17 mSv/año para el personal de plantilla).

Esta tendencia, dosis correspondientes a personal de contrata superiores a las del personal de plantilla, es general en todos los países y resulta lógica si se tiene en cuenta que, habitualmente, la contratación de personal externo a la central se realiza con vis-

tas a la realización de operaciones (mantenimiento, reparación, etc.) que suelen resultar radiológicamente más significativas.

2.3. Se observa, asimismo, que la dosis individual media asociada al total de las instalaciones industriales es significativamente superior al valor obtenido para el total de las instalaciones radiactivas de tipo médico. En las primeras desarrollan su actividad laboral un menor número de personas que, sin embargo, reciben dosis más altas.

Es de destacar que los valores de dosis individual media asociados a las instalaciones de gammagrafía (2,57 mSv/año) son superiores al del resto de las actividades consideradas. Presentan asimismo valores relevantes las instalaciones de radiografía industrial (2,07 mSv/año).

2.4. Dentro de las instalaciones radiactivas médicas, las instalaciones de radiodiagnóstico,

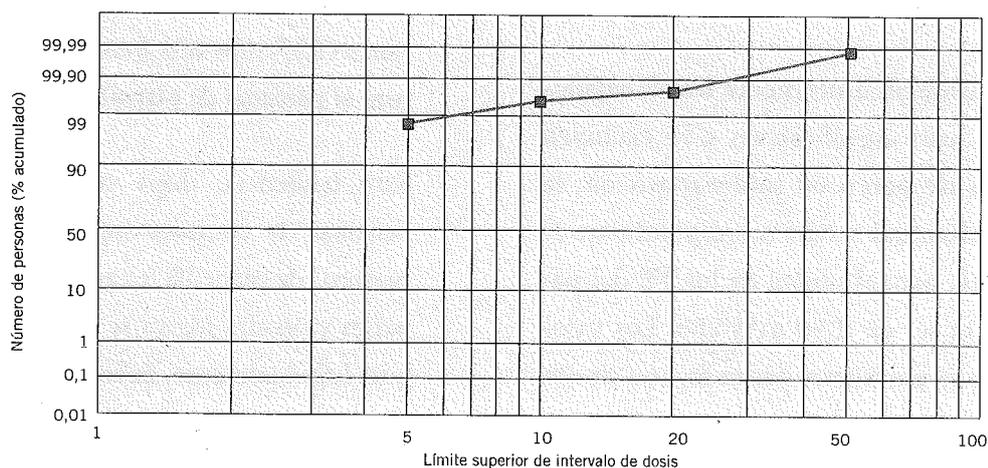
en las que realizan su trabajo un porcentaje significativo de trabajadores (un 47% del total del país), presentan valores de dosis individual media de 0,64 mSv/año.

Las instalaciones de medicina nuclear son las que presentan valores de dosis individual media superiores dentro de este sector (1,84 mSv/año).

2.5. En el sector de centrales nucleares, son las centrales nucleares José Cabrera (2,39 mSv/año) y Cofrentes (1,80 mSv/año), las que registran valores más altos para este parámetro. También en dosis individuales la central nuclear de Trillo es la que registra los valores más bajos, con 0,41 mSv/año.

2.6. La dosis individual media correspondiente a los trabajadores expuestos implicados en actividades de transporte (3,89 mSv/año) es significativamente superior a la del resto de los sectores laborales consi-

Figura 13. Distribución de las dosis de las personas expuestas en España durante el año 2001



derados, aunque hay que señalar que este colectivo, en cuanto al número de trabajadores (56 personas) no es muy significativo. Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, se considera que en este sector se deberán extremar las medidas encaminadas a la aplicación práctica del principio ALARA.

2.7. El valor más bajo de este parámetro se registra en el sector de Concentrados (0,14 mSv/año).

2.8. En la figura 13 se muestra en escala de tipo probabilístico la distribución de las dosis de las personas expuestas en España a lo largo de este año 2001. El buen ajuste de dichos datos a una recta demuestra que la distribución de dosis se ajusta a una función del tipo logarítmico-normal. Esta situación es coherente con la experiencia internacional que existe al respecto, de hecho la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) cuando propuso los actuales límites de dosis, tuvo en cuenta la realidad práctica de que las dosis en grandes grupos de trabajadores se distribuyen con arreglo a una función de estas características.

Con esta distribución se confirma que, aunque el límite reglamentario de dosis para personal expuesto es de 50 mSv/año, el 98,95% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.

II.3. En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los nuevos límites de dosis reflejados en el Real Decreto 783/01 de 6 de julio de 2001 y que entraron en vigor el 1 de enero de 2002

3.1. De un total de 85.392 trabajadores sólo 88 (0,10% del total) presentan dosis superiores a 20 mSv/año⁽¹³⁾, distribuidos según se indica en la siguiente tabla.

	Nº trabajadores	Nº trabajadores con dosis >20mSv ⁽¹⁴⁾
Instalaciones radiactivas médicas	66.380	12
Instalaciones radiactivas industriales	5.648	19
Centrales nucleares	7.914	16
Otras instalaciones	4.935	1

3.2. La situación reflejada en el punto anterior muestra la buena disposición en nuestro país para el cumplimiento de los nuevos límites.

Es necesario aclarar que el Real Decreto 783/01 establece que los trabajadores expuestos no deberán recibir dosis superiores a 100 mSv en cinco años consecutivos, lo que supone un promedio de 20 mSv/año. *El que un trabajador reciba durante un año dosis superiores a 20 mSv no implica que vaya a superar los nuevos límites.*

13/14. No se incluyen los nueve casos de potencial superación de los límites de dosis.

II.4. Casos de potencial superación de los límites de dosis

4.1 *En lo que se refiere a las situaciones de potencial superación de los límites de dosis (50 mSv/año), se han registrado nueve⁽¹⁵⁾ casos (un 0,01% del total), todos ellos pertenecientes al sector de instalaciones radiactivas.*

15. En el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2001* se informaron diez casos de potencial superación de límite de dosis, cabe indicar que corresponden a los nueve citados a lo largo de este informe más la situación correspondiente a un trabajador cuya superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma en las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).

III. Tendencias en la exposición a radiaciones

III. Tendencias en la exposición a radiaciones

1. En el anexo I se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este informe frente a los obtenidos en los realizados con este mismo enfoque en los años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001.
2. En el anexo II se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este informe frente a los obtenidos en el realizado con el mismo enfoque para el año 2000. A continuación se efectúa una valoración de los resultados de este análisis comparativo:

2.1. Hay que valorar positivamente que, a pesar de que en el periodo 2000-2001 el número de TE controlados dosimétricamente se incrementó en un 1% (84.552 en 2000 frente a 85.392 en 2001), la dosis colectiva disminuye en un 6% (45.123 frente a 42.375 mSv. persona).

Análoga valoración positiva merece la evolución en el periodo 2000-2001 del número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, donde se observa una disminución del 63% (143 frente a 88).

En lo que se refiere a la dosis individual media, se observa una disminución de un 4% (0,83 mSv/año en 2000 frente a 0,80 mSv/año en 2001).

2.2. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en el periodo 2000-2001 en las instalaciones radiactivas médicas se puede observar que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente se incrementa en un 2% (65.733 frente a 67.311 trabajadores), siendo el incremento de la dosis colectiva de un 1% (32.745 mSv.persona en 2000 frente a 33.065 mSv. persona en 2001).

En lo que se refiere a la dosis individual media, se observa un aumento de un 1% (0,74 mSv/año frente a 0,75 mSv/año).

Respecto al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 mSv y 50 mSv se observa una disminución del 44% (98 frente a 68 trabajadores).

2.3. En lo que se refiere a las instalaciones radiactivas industriales, cabe destacar la evolución de la dosis colectiva en el periodo 2000-2001 en este sector, muestran una disminución del 14% (4.155 mSv.persona frente a 3.648 mSv.persona) mientras que el número de trabajadores expuestos se incrementó en un 4% (5.475 frente a 5.676 trabajadores).

En cuanto a la dosis individual media disminuye un 12%, en el periodo objeto de estudio (1,21 frente a 1,08 mSv/año). El número de traba-

trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, sufre una disminución de un 57% (22 frente a 14 trabajadores).

En los resultados obtenidos para el año 2001 en este tipo de instalaciones resultan determinantes las dosis registradas en el sector de gammagrafía industrial (dosis individual media de 2,57 mSv/año y dos trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv). Cabe destacar que dentro de este tipo de instalaciones se observa una disminución de la dosis individual media en el año 2001.

2.4. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares se puede observar que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente ha disminuido un 12% en el periodo 2000-2001 (7.284 frente a 6.532 trabajadores) y que la dosis colectiva presenta una tendencia favorable, con una disminución de un 55% (7.065 mSv.persona frente a 4.559 mSv.persona).

La evolución se mantiene favorable en lo que se refiere a la dosis individual media, donde se produce un descenso del 33% (1,97 frente a 1,48 mSv/año).

En lo que se refiere al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, los resultados

son muy positivos si se tiene en cuenta que en el año 2000 hubo 22 trabajadores frente a los seis registrados en el año 2001 (disminuye un 267%). A partir del análisis de los datos contenidos en el BDN se observa que los seis trabajadores con dosis superiores a 20 mSv durante el año 2001 prestaron servicio en ese año en la misma empresa externa. A la vista de estos resultados cabría indicar la necesidad de que esta empresa externa acometiera actuaciones encaminadas a una implantación de un programa de mejora.

Cabe destacar que la disminución en los valores de dosis registrados es debida, fundamentalmente, a la reducción de las dosis asociadas al personal de contrata.

En las figuras 10 y 11, se muestra la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares españolas encuadradas en un contexto internacional, se observa una tendencia global decreciente, que pone de manifiesto el importante esfuerzo desarrollado en este sector en la puesta en práctica del principio de optimización de la protección radiológica.

2.5. Si se analizan los valores de la dosis individual media en los diferentes sectores para el año 2001 se observa que los que presentan valores más elevados son ra-

diografía industrial (2,07 mSv/año), gammagrafía industrial (2,57 mSv/año) y transporte (3,89 mSv/año).

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, parece evidente que en estos sectores es donde se deberán realizar mayores esfuerzos con vistas a la aplicación en la práctica del criterio ALARA.

2.6. En cuanto a los sectores donde hay que tener especial atención debido al número de trabajadores que presentan dosis entre 20 y 50 mSv en el año 2001, de cara al cumplimiento de los nuevos límites de dosis establecidos en el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes*, son los siguientes:

- En el ámbito de las instalaciones radiactivas médicas cabe señalar los sectores de radiodiagnóstico (26 trabajadores que suponen el 0,03% del total), y odontología (25 trabajadores que suponen el 0,02 %).
- En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales cabe señalar los sectores de gammagrafía industrial (dos trabajadores que suponen el 0,002 % del total), radiología industrial (dos trabajadores que suponen el 0,002 % del total) y control de procesos (siete trabajadores que suponen el 0,008 % del total).

2.7. Los resultados indicados en puntos anteriores se muestran de manera gráfica en las figuras comprendidas entre los números 15 y 18.

Figura 14. Número de trabajadores por intervalo de dosis en cada sector (2001)

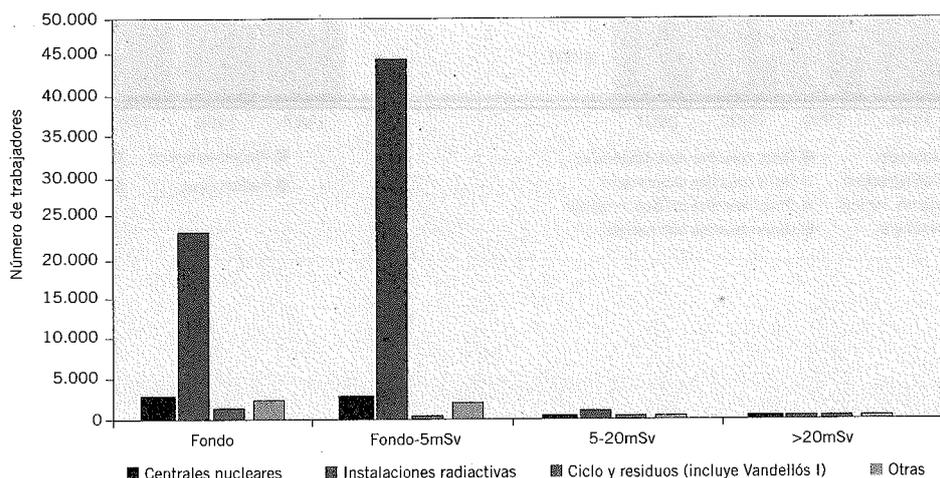


Figura 15. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en instalaciones radiactivas médicas e industriales (1997-2001)

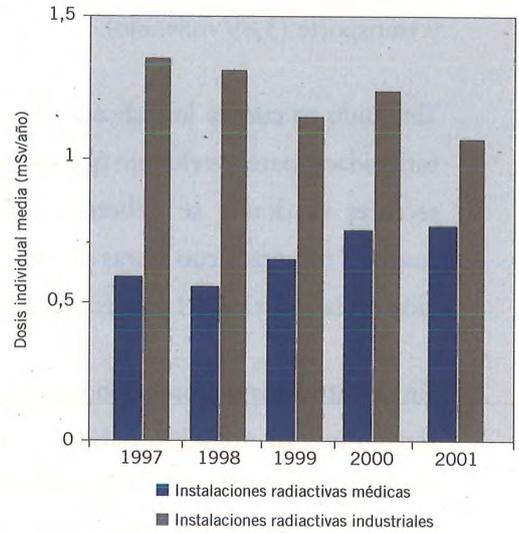
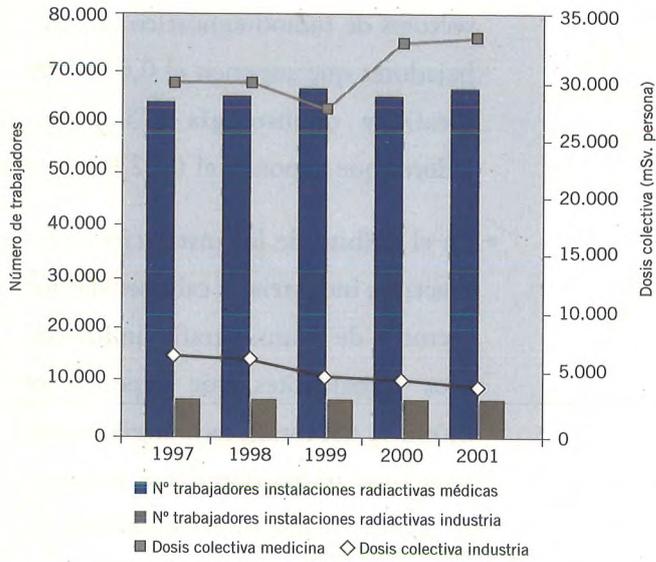


Figura 16. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas médicas (1997-2001)

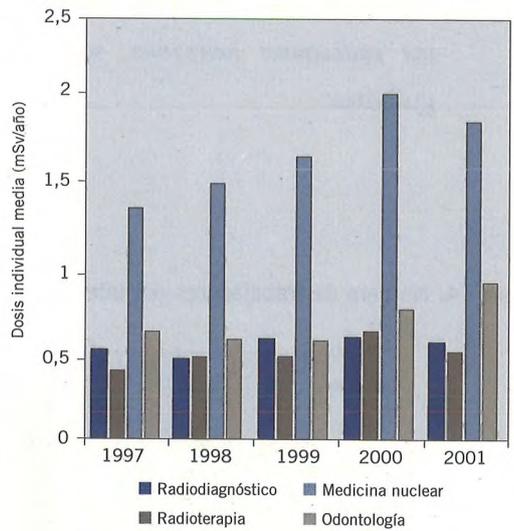
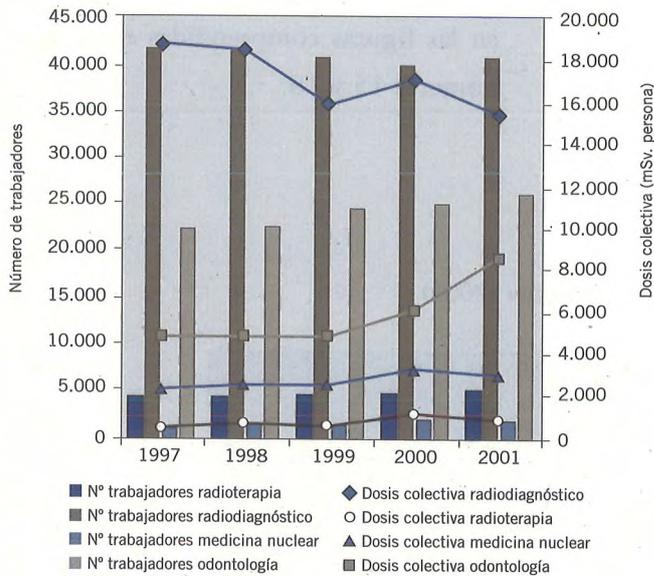


Figura 17. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas industriales (1997-2001)

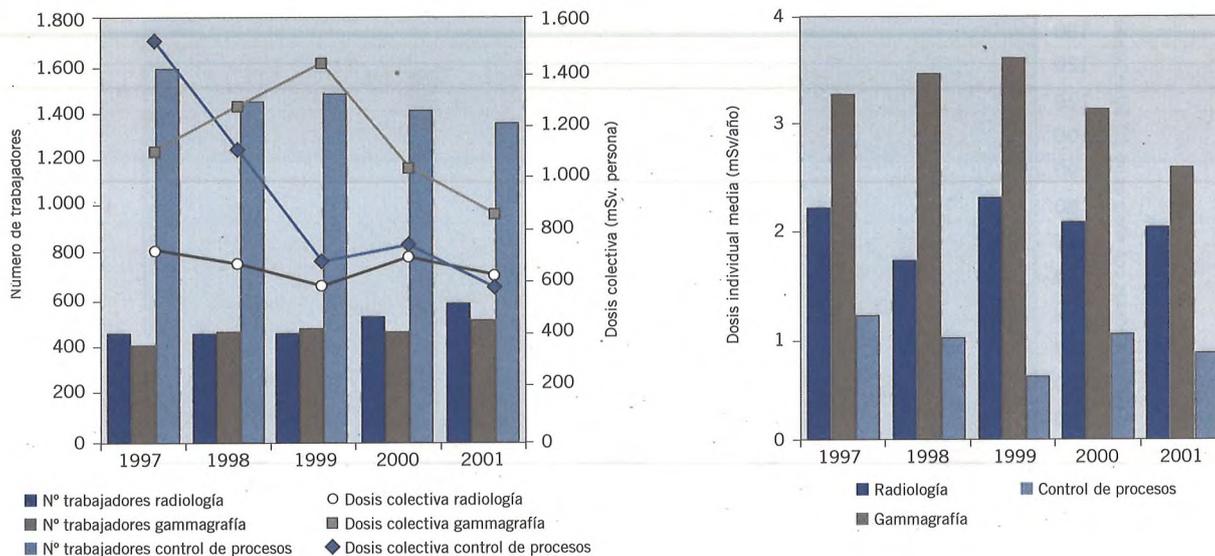


Figura 18. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en centrales nucleares españolas (1997-2001)

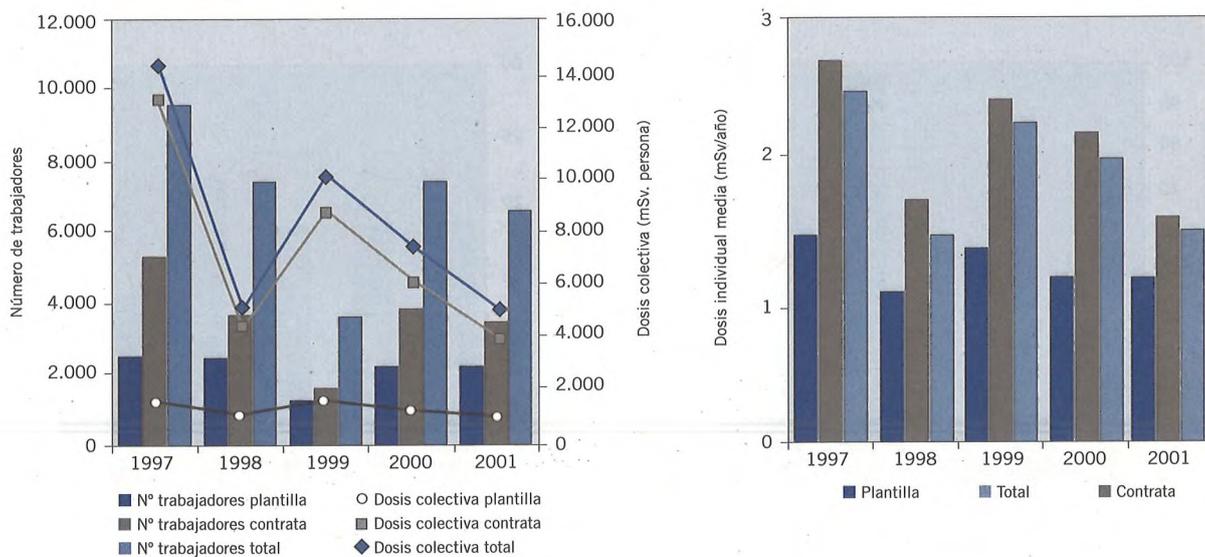


Figura 19. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en los grandes sectores (1997-2001)

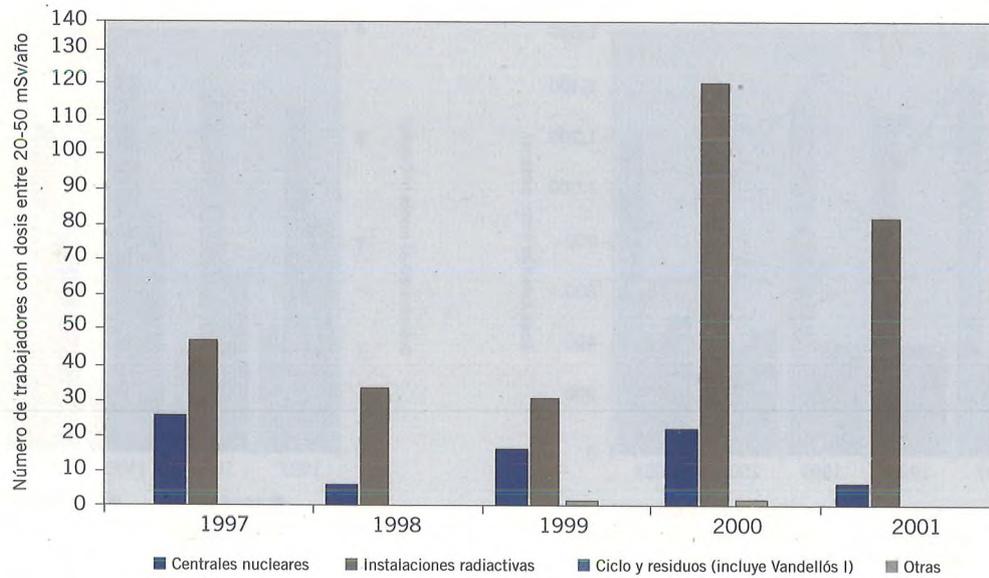


Figura 20. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en el sector de instalaciones radiactivas médicas (1997-2001)

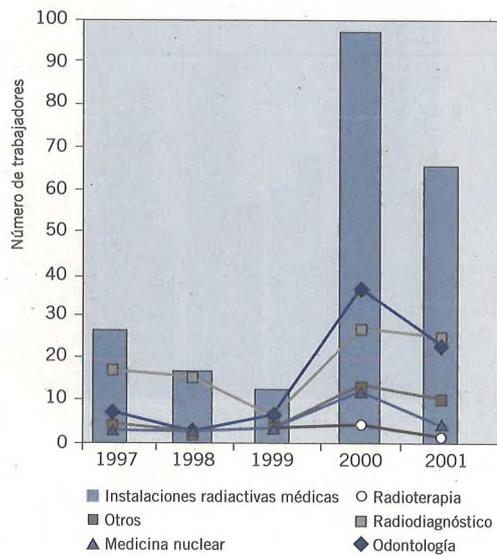
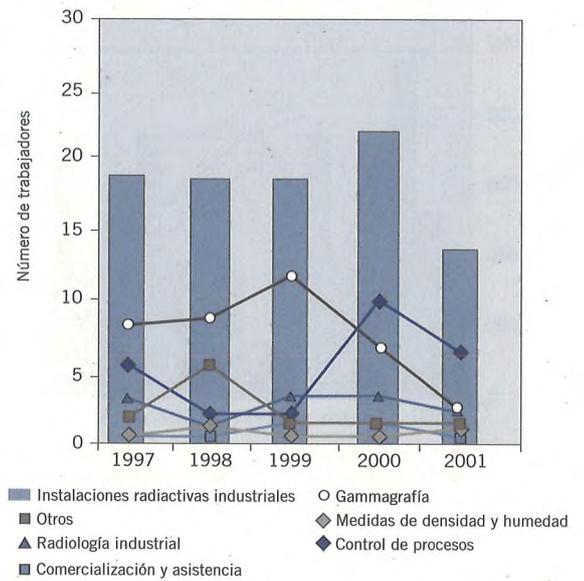


Figura 21. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en el sector de instalaciones radiactivas industriales (1997-2001)



**Anexo I. Estudio
dosimétrico sectorial.
Evolución temporal
(1997-2001)**

Tabla 1. Datos sobre dosis ocupacionales en España para años 2000 y 2001

Categoría ocupacional	Nº total de trabajadores		Dosis individual media (mSv) ¹⁾		Dosis colectiva (mSv persona)		Nº de trabajadores con dosis individual > 20mSv ²⁾	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Año	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Centrales nucleares	7.284	6.532	1,97	1,48	7.065	4.559	22	6
Instalaciones radiactivas médicas	65.733	67.311	0,74	0,75	32.745	33.065	98	68
Radiodiagnóstico	39.910	40.546	0,65	0,64	17.143	15.697	29	26
Radioterapia	2.072	2.161	0,70	0,61	1.003	856	4	1
Medicina Nuclear	1.787	1.862	2,01	1,84	3.142	2.822	12	4
Odontología	10.873	11.500	0,82	0,96	6.489	8.715	37	25
Otras	12.257	4.994	0,64	0,65	4.968	4.975	14	11
Instalaciones radiactivas industriales	5.475	5.676	1,21	1,08	4.155	3.648	22	14
Radiografía industrial	554	595	2,11	2,07	691	618	3	2
Gammagrafía industrial	430	471	3,10	2,57	1.031	847	7	2
Control de procesos	1.424	1.381	1,09	0,91	732	583	10	7
Medidas de densidad y humedad	596	627	0,68	0,64	281	260	0	1
Comercialización y asistencia	1.099	1.138	0,77	0,69	603	505	1	0
Otros	1.461	1.546	0,86	0,84	817	835	1	1
Ciclo de combustible	1.308	1.091	0,61	1,21	130	247	0	0
Otros	4.752	4.782	0,41	0,40	1.028	856	1	0
Total	84.552	85.392	0,83	0,80	45.123	42.375	143	88

1. Sólo trabajadores profesionalmente expuestos con dosis significativas.

2. No se incluyen los casos de potencial superación de los límites de dosis.

Tabla 2. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas. Años 1997-2001

Tipo de instalación	Médicas					Industriales				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Año	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Nº de personas	64.599	65.246	66.380	65.733	67.311	5.166	5.213	5.648	5.475	5.676
Nº personas con dosis significativa	51.264	52.921	42.502	44.358	43.852	4.313	4.186	3.907	3.430	3.371
Dosis colectiva (msv.persona)	29.985	29.857	27.550	32.745	33.065	6.013	5.576	4.548	4.155	3.648
Dosis individual media (msv/año)	0,58	0,56	0,65	0,74	0,75	1,39	1,33	1,16	1,21	1,08
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	27	16	12	98	68	19	19	19	22	14

Tabla 3. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas médicas. Años 1997-2001

Instalación	Radiodiagnóstico					Radioterapia				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Año	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Nº de personas	41.683	42.082	40.611	39.910	40.546	1.838	1.852	1.983	2.072	2.161
Nº personas con dosis significativa	33.555	34.563	25.557	26.195	24.706	1.492	1.570	1.240	1.443	1.392
Dosis colectiva (msv.persona)	18.945	18.671	16.005	17.143	15.697	708	869	684	1.003	856
Dosis individual media (msv/año)	0,56	0,54	0,63	0,65	0,64	0,47	0,55	0,55	0,70	0,61
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	17	14	4	29	26	0	1	0	4	1

Instalación	Medicina nuclear					Odontología				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Año	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Nº de personas	1.714	1.734	1.747	1.787	1.862	9.917	10.026	10.602	10.873	11.500
Nº personas con dosis significativa	1.613	1.617	1.498	1.562	1.533	7.611	7.669	7.692	7.912	9.105
Dosis colectiva (msv.persona)	2.222	2.443	2.433	3.142	2.822	4.974	4.837	4.812	6.489	8.715
Dosis individual media (msv/año)	1,38	1,51	1,62	2,01	1,84	0,65	0,63	0,63	0,82	0,96
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	1	0	1	12	4	6	1	5	37	25

Tabla 4. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas industriales. Años 1997-2001

Instalación	Radiología					Gammagrafía				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Año										
Nº de personas	479	486	499	554	595	366	436	463	430	471
Nº personas con dosis significativa	322	371	261	328	298	333	377	396	332	330
Dosis colectiva (msv.persona)	726	675	599	691	618	1.104	1.292	1.447	1.031	847
Dosis individual media (msv/año)	2,25	1,82	2,29	2,11	2,07	3,31	3,43	3,65	3,10	2,57
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	3	1	3	3	2	8	9	12	7	2

Instalación	Control de procesos				
	1997	1998	1999	2000	2001
Año					
Nº de personas	1.604	1.461	1.488	1.424	1.381
Nº personas con dosis significativa	1.233	1.082	877	669	640
Dosis colectiva (msv.persona)	1.508	1.120	684	732	583
Dosis individual media (msv/año)	1,22	1,04	0,78	1,09	0,91
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	6	2	2	10	7

Tabla 5. Comparación de resultados en centrales nucleares. Años 1997-2001

Tipo de trabajo	Plantilla					Contrata				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Año	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Nº de personas	2.402	2.327	2.274	2.211	2.142	7.166	4.316	5.677	5.146	4.452
Nº personas con dosis significativa	985	725	923	820	702	4.828	2.151	3.473	2.791	2.387
Dosis colectiva (msv.persona)	1.487	813	1.321	958	818	12.756	4.100	8.549	6.107	3.741
Dosis individual media (msv/año)	1,51	1,12	1,43	1,17	1,17	2,64	1,91	2,46	2,19	1,57
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	0	0	0	0	0	27	6	16	22	6

Tipo de trabajo	Total				
	1997	1998	1999	2000	2001
Año	1997	1998	1999	2000	2001
Nº de personas	9.560	6.637	7.914	7.284	6.532
Nº personas con dosis significativa	5.813	2.875	4.390	3.590	3.084
Dosis colectiva (msv.persona)	14.243	4.913	9.870	7.065	4.559
Dosis individual media (msv/año)	2,45	1,71	2,25	1,97	1,48
Nº personas dosis entre 20-50 msv/año	27	6	16	22	6

**La dosimetría de los
trabajadores expuestos
en España durante
el año 2001**

Estudio sectorial

Colección Documentos
Nº 12.2004

