

DOSIS PRODUCIDAS EN ESPAÑA COMO CONSECUENCIA DEL DIAGNÓSTICO CON RADIACIONES (PROYECTOS DOPOES_DOMNES)

El número de exploraciones y procesos médicos que emplean radiaciones ionizantes han aumentado de forma continua en los últimos años. Más del 90% de las exposiciones a las radiaciones ionizantes generadas por el hombre provienen de los usos médicos y la dosis colectiva debida a las exposiciones de los pacientes es 200 veces mayor que la dosis ocupacional de los trabajadores expuestos. Al mismo tiempo, la aparición de nuevas tecnologías, el incremento del uso de la Tomografía Computarizada (TC), incluso en pacientes pediátricos, el desarrollo de la radiografía digital, la radiología intervencionista, las nuevas tecnologías en medicina nuclear con la utilización de equipos híbridos de PET/TC y SPECT/TC, contribuyen también al aumento de las dosis recibidas por los pacientes, lo que implica un desafío para las autoridades reguladoras en materia de protección radiológica, cuyo objetivo es lograr que los riesgos en los pacientes sean lo más bajos posibles comparados con los beneficios que proporciona el empleo de las radiaciones ionizantes en el área médica, de acuerdo con el criterio ALARA.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido un incremento considerable en el uso médico de las radiaciones ionizantes. En la actualidad, el número de procedimientos médicos que emplean radiaciones ionizantes han aumentado de forma continua, de tal modo que más del 90% de las exposiciones a las radiaciones ionizantes generadas por el hombre provienen de los usos médicos y la dosis colectiva debida a las exposiciones de los pacientes es 200 veces mayor que la dosis ocupacional de los trabajadores expuestos.

Esa importante contribución de la exposición de los pacientes al total de las exposiciones individuales en el mundo es especialmente notoria en los países con un sistema de salud de Nivel I, países con un mayor nivel de asistencia entre los que se encuentra

España. En consecuencia se ha ido acentuando el interés por conocer las dosis a la población por la práctica médica.

En nuestro ordenamiento jurídico existen varias referencias a la protección radiológica del paciente, de los trabajadores expuestos y del público en general. Destacan el Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico, en el que cita que la verificación de dosis impartidas a pacientes en salas dedicadas a exploraciones simples se determine eligiendo la exploración más frecuente, tomando como mínimo una muestra de diez estimaciones y el Real Decreto 1841/1997 por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear la actividad y en el que consta que la actividad administrada no debe sobrepasar los niveles



RAFAEL RUIZ CRUCES

Centro de Investigaciones Médico Sanitarias (CIMES)
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Mª LUISA RAMÍREZ VERA

Área de Instalaciones y Exposiciones Médicas.
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR.



CARMEN ÁLVAREZ GARCÍA

Área de Instalaciones y Exposiciones Médicas.
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR



NATIVIDAD FERRER

Servicio de Radioprotección y Radiofísica.
H. UNIVERSITARIO RAMÓN Y CAJAL

DOSES PRODUCED IN SPAIN AS A RESULT OF RADIATION-BASED DIAGNOSIS (PROJECTS DOPOES_DOMNES)

The number of medical examinations and procedures that use ionizing radiation have continuously increased in recent years. More than 90% of human-generated exposures to ionizing radiation are from medical uses and the collective dose due to patient exposures is 200 times greater than the occupational dose of exposed workers. At the same time, the emergence of new technologies, the increased use of Computerized Tomography (CT) – even for pediatric patients – the development of digital radiography, interventional radiology and the new technologies in nuclear medicine with the use of hybrid PET/CT and SPECT/CT equipment have all contributed as well to an increase in the doses received by patients. This poses a challenge to the regulatory authorities in the field of radiological protection, the goal of which is to make sure that the risks to patients are as low as possible compared to the benefits yielded by the use of ionizing radiation for medical purposes, in accordance with ALARA criteria.

máximos establecidos en el propio decreto. El Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico potencia la protección radiológica tanto de los pacientes sometidos a pruebas diagnósticas, como de los profesionales que trabajan con estos equipos y del público en general.

La nueva Directiva 2013/59 Euratom, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, que debe transponerse a la legislación española antes de febrero de 2018, indica en su artículo 58. b) que la información relativa a la exposición del paciente debe ser parte del informe del procedimiento médico-radiológico.

Por otra parte, el artículo 64 establece la necesidad de que la distribución de la estimación de las dosis individuales debidas a exposiciones médicas con fines de diagnóstico y a la radiología intervencionista, esté determinada teniendo en cuenta, cuando proceda, la distribución por edad y sexo de la población expuesta.

La aplicación de esta normativa al marco nacional requiere, por una parte, de formación de los profesionales en los nuevos procedimientos y, por otra, de la adaptación de los centros hospitalarios para poder cumplir los requerimientos, entre otros por ejemplo la utilización de sistemas automáticos de gestión de dosis. Estos sistemas permitirán realizar análisis estadísticos exhaustivos de las exploraciones y facilitar el establecimiento de los correspondientes niveles de referencia de dosis (NRD). Existe una Guía Europea previa (RP-109) de 1999, donde se define qué es un NRD y qué debe tenerse en cuenta para realizar sus estimaciones.

El comité UNSCEAR en su reunión celebrada en Viena en julio de 2008, destacó este hecho en su informe a la Asamblea General de Naciones Unidas. También la Organización Mundial de la Salud (OMS) lanzó, durante el año 2008, una acción denominada *Global Initiative on Radiation Safety in Healthcare Settings*, poniendo de manifiesto la importancia del tema en la reunión plenaria del Comité de Expertos celebrada en Ginebra en diciembre de 2008.

La reglamentación española, identifica al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y a las autoridades sanitarias como los responsables de la obligación de determinar la distribución de las estimaciones de dosis individuales resultantes de las exposiciones médicas para la población y los grupos de referencia significativos. El CSN además tiene encomendada en la Ley 33/2007 la función de colaboración con el Ministerio de Sanidad en materia sobre protección radiológica del paciente. Por todo, el CSN impulsó el desarrollo de los proyectos DOPOES (Dosis a la Población por estudios de radiología diagnóstica en España) y DOMNES (Dosis a la población de estudios de Medicina Nuclear en España). El objetivo era realizar una prospección sobre los procedimientos de radiodiagnóstico y medicina nuclear utilizados en los centros sanitarios españoles, su frecuencia y las dosis recibidas por los pacientes.

DOPOES se desarrolló mediante un acuerdo específico entre el CSN y la Universidad de Málaga (UMA). Este proyecto duró 35 meses, desde diciembre de 2011 hasta el 30 de septiembre de 2014. DOMNES, por otro lado, con una duración de 16 meses desde febrero de 2012 a abril 2013, se llevó a cabo en el marco del Foro de Protección Radiológica en el Medio Sanitario. Este Foro, creado en 2001, está compuesto por el CSN, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM). Además de los integrantes del Foro Sanitario se contó con la participación de la Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNUM).

Ambos proyectos han contado con la colaboración del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y la participación de las autoridades sanitarias de las comunidades autónomas.

Es de destacar que en España no se había realizado una estimación de los valores de exposición impartidos a los pacientes, procedente de los procedimientos diagnósticos, hasta la realización de los proyectos DOPOES y DOMNES. Este tipo de estudios son fundamentales para conocer la situación dosimétrica respecto a los Estados miembro y para identificar, con la realización de estudios posteriores, la tendencia en la evolución de las dosis impartidas a la población.

METODOLOGÍA

Los objetivos específicos del Proyecto DOPOES y DOMNES han sido:

1. Determinar la relación entre las frecuencias de los diferentes tipos de exámenes con rayos X y medicina nuclear, las dosis típicas impartidas a los pacientes y su contribución a la dosis colectiva total en España en cada disciplina.
2. Comprobar si existen variaciones entre todas las comunidades autónomas en cuanto a frecuencias y dosis individual para cada tipo de examen.
3. Estimar la contribución de los diferentes procedimientos radiológicos médicos (radiodiagnóstico) y de medicina nuclear a la dosis colectiva total en España.
4. Comparar las frecuencias y las dosis individuales anuales con las obtenidas en otros países de la Unión Europea.
5. Contrastar la contribución a la dosis de la población debida al radiodiagnóstico médico y de medicina nuclear con las debidas a la exposición a otras fuentes naturales y artificiales de radiaciones ionizantes.
6. Proponer ó ampliar niveles de referencia de dosis o valores de referencia de actividad actualizados para los procedimientos de diagnóstico con rayos X y medicina nuclear, con una contribución significativa a la dosis colectiva.
7. Identificar situaciones de potencial exceso de dosis acumulada, determinando cuando sea posible sus causas, recomendando medidas correctoras. Establecimiento de las bases para futuros desarrollos que incluyan la evaluación poblacional sobre impacto en salud de los procedimientos de diagnóstico médico.
8. Desarrollar una infraestructura para obtención de información y una metodología para evaluación de las dosis a los pacientes y para la estimación de las dosis a la población, que facilite la realización de nuevas prospecciones en el futuro.
9. Aportar información sobre la situación en España de ambas disciplinas, al proyecto de la Comisión Europea Dose Data Med 2 (DDM2).

El desarrollo metodológico fue explicado en el número 21 la *Revista Alfa CSN* (II trimestre de 2013). Se siguieron



COMUNIDAD	HABITANTES
ANDALUCÍA	8.371.270
ARAGÓN	1.344.509
ASTURIAS	1.075.183
BALEARES	1.100.503
CANARIAS	2.082.655
CANTABRIA	592.542
CASTILLA Y LEÓN	2.540.188
CASTILLA-LA MANCHA	2.106.331
CATALUÑA	7.519.843
EXTREMADURA	1.104.499
GALICIA	2.772.928
LA RIOJA	321.173
MADRID	6.421.874
MURCIA	1.462.128
NAVARRA	640.129
PAÍS VASCO	2.185.393
COMUNITAT VALENCIANA	5.009.931
Ceuta	83.517
Melilla	81.323
TOTAL	46.815.919

Fuente: Instituto Nacional de Estadística 2011

Tabla 1. Distribución de la población en España por comunidades y ciudades autónomas.

las recomendaciones del documento técnico de la Comisión Europea *Radiation Protection* n° 154, titulado *European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures*.

En DOPOES se han utilizado varias magnitudes dosimétricas como dosis en la superficie de entrada (DES) para los procedimientos de RX simples, el producto dosis-área (PDA) para los exámenes de fluoroscopia y radiología intervencionista, el producto dosis-longitud (DLP) para exámenes de TC y la dosis glandular media (MGD) en mamografías. Para todos los procedimientos de rayos X se ha calculado la dosis efectiva (E) siguiendo las recomendaciones del mencionado RP 154

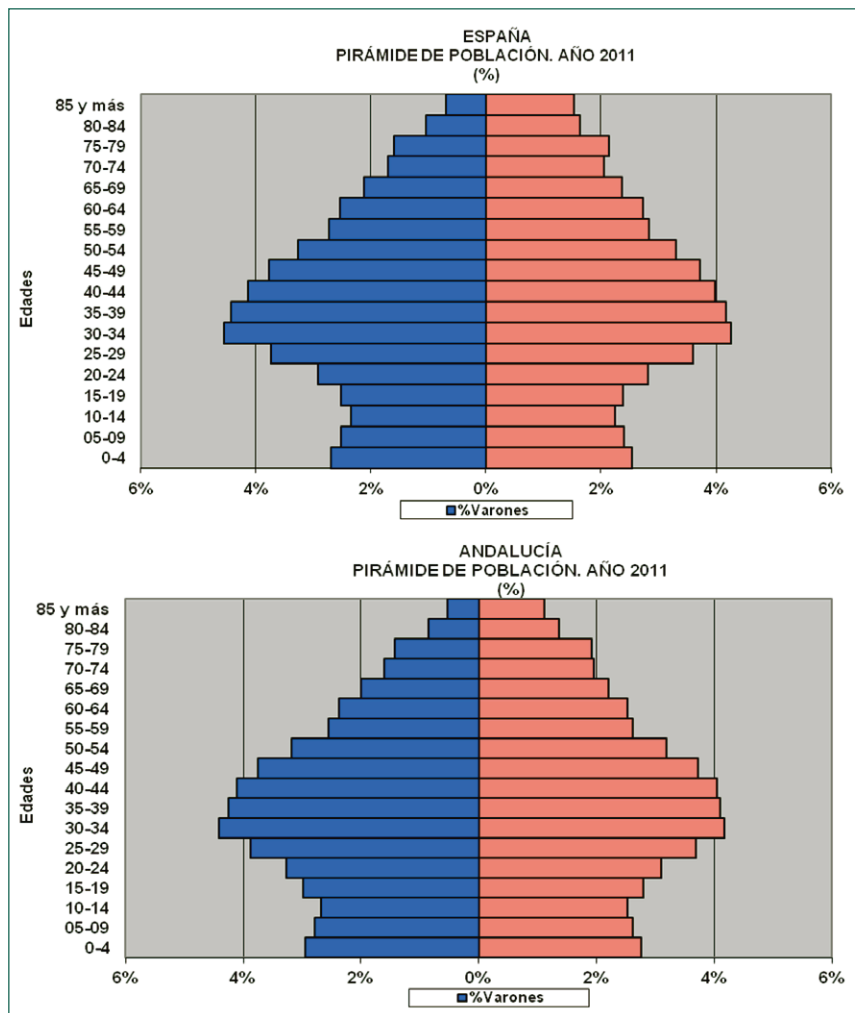


Figura 1. Pirámide poblacional de España y Andalucía. (Fuente INE 2011).

Figura 2. Cuestionario a completar por los servicios de medicina nuclear de España.

y también con el software PCXMC® rotación.

Asimismo, se han recopilado los listados completos de todos los procedimientos realizados con el sexo y la edad, la fecha y el equipo del hospital durante dos años (2010 y 2011). Se han obtenido directamente de una muestra en 33 hospitales públicos y privados españoles. Se ha utilizado factores de escala para extrapolar a las comunidades autónomas, obteniendo las frecuencias totales de número de procedimientos anuales en cada región, previo al resultado final.

El número de códigos se ha obtenido de los sistemas RIS-PACS en cada hospital seleccionado. Debido al elevado número de procedimientos obtenidos y de las distintas codificaciones empleadas por los centros, ha sido necesario desarrollar un sistema de codificación DOPOES propio (que incluye 571 procedimientos), así como un complejo sistema informático capaz de integrar toda la información recopilada.

Se han recopilado valores de dosis de los procedimientos de rayos X directamente de las imágenes DICOM (sistema RIS-PACS) y a veces directamente en pacientes seleccionados. La muestra de pacientes seleccionados ha sido representativa con respecto al peso e indicación clínica. Dicha selección se ha realizado mediante muestreo aleatorio (10 hombres + 10 mujeres, 10 niños y 10 niñas, como pirámide de población) de cada tipo de procedimiento realizado.

Los resultados en España se han determinado a partir del análisis global de las comunidades autónomas calculando los valores de frecuencia y dosis efectiva por procedimiento para el conjunto del país y así poder obtener un valor de dosis efectiva *per cápita* para el conjunto de España.

El primer paso fue realizar el correspondiente estudio demográfico tal y como hemos explicado en el capítulo de material y método. En la Tabla 1, se muestran los habitantes por comunidad según datos del INE 2011.

El siguiente paso consistió en calcular las pirámides poblacionales para cada comunidad autónoma para ver si existen diferencias en el patrón por sexo que pudieran afectar a la comparación de comunidades.

"TOP "20"	Número total por año	Incertidumbre número de procedimientos	Frecuencia anual por 1000 hab
Tórax	12.517.586	3.254.572	266
Columna cervical	1.675.495	351.854	36
Columna dorsal	1.333.537	280.043	28,32
Columna lumbar	2.326.401	488.544	49,41
Mamografía	4.203.661	1.177.025	89,27
Abdomen	1.946.481	525.550	41,34
Pelvis y cadera	2.356.324	636.207	50,04
Gastro-duodenal	145.972	45.251	3,10
Enema opaco	100.549	31.170	2,14
Tránsito intestinal	56.741	17.590	1,21
Urografía intravenosa	132.543	41.088	2,81
Angiografía cardíaca	120.566	34.964	2,56
TC cabeza	1.027.529	287.708	21,82
TC cuello	353.120	102.405	7,50
TC tórax	647.268	187.708	13,75
TC columna	551.251	159.863	11,71
TC abdomen	747.095	216.658	15,87
TC pelvis	431.316	125.082	9,16
TC tronco	343.134	99.509	7,29
PTCA	83.388	26.684	1,77

Tabla 2. Resumen de valores de frecuencia para el TOP 20.

Tabla 3. Resumen de valores dosimétricos para el TOP 20.

EXAMEN	Dosis Efectiva Media por Procedimiento (mSv)	Dosis Colectiva por examen (manSv)	Incertidumbre de la dosis colectiva (manSv)
Tórax	0,04	499	164
Columna cervical	0,05	83	27
Columna dorsal	0,18	240	88
Columna lumbar	0,93	2.170	709
Mamografía	0,27	1.125	496
Abdomen	0,39	756	346
Pelvis y cadera	0,59	1.389	636
Gastro-duodenal	5,17	754	376
Enema opaco	8,79	884	440
Tránsito intestinal	9,98	566	278
Urografía intravenosa	2,14	284	141
Angiografía cardíaca	9,57	1.154	637
TC cabeza	1,68	1.730	542
TC cuello	2,38	842	389
TC tórax	6,38	4.126	1.782
TC columna	10,25	5.650	2.440
TC abdomen	10,87	8.125	3.509
TC pelvis	11,74	5.065	2.302
TC tronco	12,99	4.457	2.166
PTCA	19,59	1.633	1.025



Zona del cuerpo	Categoría de examen DDM	EXAMEN DENTAL	Número total por año	Frecuencia anual por 1000 hab	Dosis efectiva media (mSv)	Dosis efectiva colectiva anual por 1000 hab (mSv)
Dientes y encías	Intra-oral ≤ 2 películas	1-2 películas periapicales	3056343	64,9	0,0035	0,23
		1-2 películas de mordida	2237662	47,5	0,0038	0,18
		1 película oclusal	621070	13,2	0,0044	0,06
	Intra-oral >2 películas	>2 películas periapicales	2097424	44,5	0,0058	0,26
		Estudio periapical boca llena	207214	4,4	0,08	0,35
		>2 películas de mordida	1675820	35,6	0,0064	0,23
	Panorámico	Exploración Panorámica boca llena	1037256	22,0	0,025	0,55
Cabeza	Dental	TC	9204	0,2	0,35	0,07
	CBCT	CBCT	4265	0,1	0,2	0,02
		TOTAL DENTALES	10946258	232,5		1,94

Tabla 4. Contribución de los distintos procedimientos radiológicos dentales.

ESPAÑA	Número total por año	Frecuencia anual por 1000 hab	Dosis efectiva media por modalidad (mSv)	Dosis efectiva colectiva anual por 1000 hab (mSv)
Radiología simple (TOP20, 1 - 7)	26.359.485	559,80	0,24	132,98
Todas las radiografías simples excepto dental	29.505.658	626,62	0,19	121,78
Radiografía/fluoroscopia (TOP20, 8 - 11)	435.805	9,26	5,71	52,85
Todas las radiografías/fluoroscopia	497.945	10,57	6,01	63,60
Angiografía cardíaca (TOP20, 12)	120.566	2,56	9,57	24,50
Todas las angiografías	199.517	4,24	10,05	42,60
Exámenes TC (TOP20, 13 - 19)	4.100.713	87,09	7,31	637,02
Todos las TC	4.762.126	101,13	6,38	645,23
PTCA (TOP20, 20)	83.388	1,77	19,59	34,69
Todas las radiologías intervencionistas	399.746	8,49	11,10	94,20
Todas las angios e Intervencionistas	599.263	12,73	10,75	136,80
Suma de todas las radiografías basadas en rayos-X excepto dental	35.364.992	751,05	1,29	967,41
Dental (excepto CBCT)	10.941.993	232,38	0,01	1,92
CBCT	4.265	0,09	0,15	0,01
Suma de todas las radiografías basadas en rayos-X	46.311.250	983,52	0,99	969,35

Tabla 5. Resumen de la contribución de cada conjunto de procedimientos a la dosis poblacional.

En la Tabla 1 se muestra la pirámide de poblacional correspondiente al total de España y, como muestra de la similitud en el comportamiento de las pirámides poblacionales en cada comunidad, se muestra la Comunidad de Andalucía.

DOMNES siguió como referencia la metodología del proyecto europeo DDM2 adaptándola a las características de la práctica de la medicina nuclear en España. El método de obtención de los datos fue mediante un cuestionario para cuya elaboración se predefinieron una serie de factores:

- Se agruparon y cribaron los procedimientos diagnósticos de medicina nuclear tomando como modelo la lista de estudios proporcionada por el DDM2, actualizándola y cotejándola con el nomenclátor de la SEMNIM. El objetivo era facilitar lo más posible la transmisión de datos al proyecto de la Comisión y descartar aquellas exploraciones diagnósticas cuya contribución a la dosis a la población fuera marginal ya sea por su baja frecuencia de realización, o de la dosis efectiva que producían, o por ambas razones.
- La información sobre los tipos de exploraciones, actividades medias por exploración, radionúclidos y forma química de los radiofármacos fueron proporcionados por la SEMNIM.
- La validación del cuestionario se realizó mediante un programa piloto en el que participaron 13 hospitales estratégicamente elegidos, los cuales recopilaron datos correspondientes a los primeros cuatro meses de 2012.
- Posteriormente, el estudio se dirigió al 100% de los Servicios de Medicina Nuclear de España (167) y a los Servicios de Protección Radiológica y Radiofísica (72) a los que se les solicitó la información relativa a los procedimientos diagnósticos realizados en 2011 (Figura 2). La recogida de datos se llevó a cabo *on line* a través del desarrollo de una plataforma web en la oficina virtual del CSN.

RESULTADOS

Para una mejor comprensión se presentan los resultados de cada proyecto aparte.

Resultados de DOPOES

En la Tabla 2 se muestran los datos más relevantes en frecuencia según el TOP 20 para el conjunto de datos analizados dentro del proyecto DOPOES y obtenidos para España. Se muestra el número total de procedimientos por año con su incertidumbre y la frecuencia anual por 1.000 habitantes.

Los valores medios de dosis efectiva por procedimientos (mSv), dosis colectiva e incertidumbre de la dosis colectiva (manSv) se muestran en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se muestra la contribución de los distintos procedimientos radiológicos dentales.

En la Tabla 5 se muestra como resumen la contribución de cada conjunto del TOP 20 para obtener el correspondiente valor de dosis colectiva.

Del análisis de la información anterior se concluye que el valor de dosis efectiva *per caput* debida a procedimientos de radiodiagnóstico médico en España se estima en $0,97 \pm 0,35$ mSv una vez aplicados los correspondientes factores de corrección al TOP 20.

En la Figura 3 se muestran los valores de dosis efectiva *per caput* agrupados por modalidad radiológica considerada en el Top 20 (radiología simple, fluoroscopia, CT y radiología intervencionista). En la figura se puede comprobar que los valores reportados en este estudio son coherentes con los obtenidos como valores promedios en DDM2.

Respecto a los resultados obtenidos en el análisis de frecuencia por mil habitantes para el conjunto de procedimientos radiológicos recogidos en el TOP 20, podemos concluir que, en promedio, los valores de frecuencia son comparables con los promedios obtenidos en DDM2 como queda reflejado en la Figura 4.

El estudio comparativo realizado para el conjunto de las comunidades autónomas se expone en las siguientes figuras, en las que se muestran la distribución de dosis efectiva *per caput* y el número de procedimientos por 1000 habitantes, respectivamente.

Del análisis de la figura anterior podemos concluir que la comunidad autónoma con una menor dosis efectiva por habitante es la Comunidad Foral de Navarra con un valor de 0,74 mSv frente a la Comunidad de

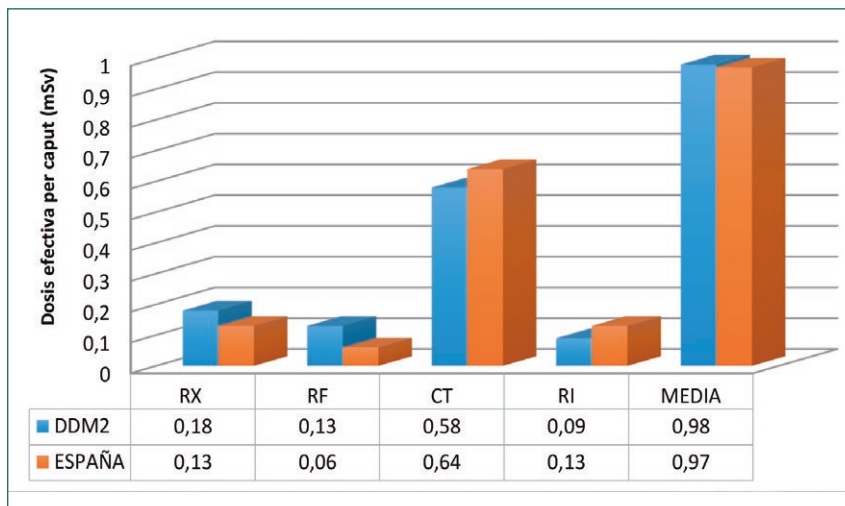


Figura 3. Dosis efectiva *per caput* por procedimientos TOP_20 obtenidos en DDM2 y DOPOES.

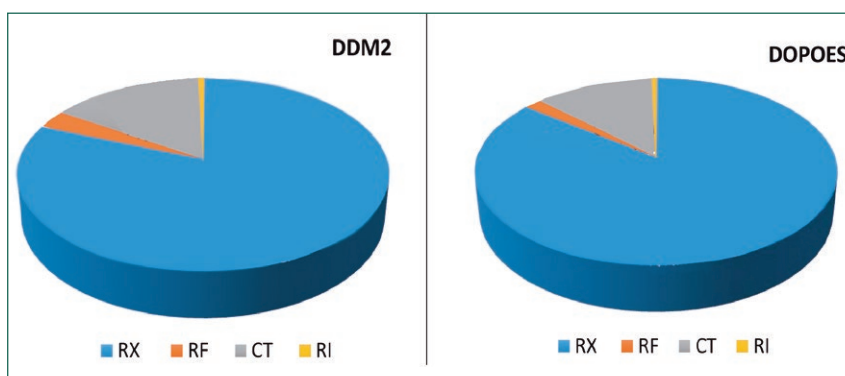


Figura 4. Comparativa en la distribución de frecuencia para procedimientos radiológicos agrupados por TOP 20 DDM2 vs DOPOES.

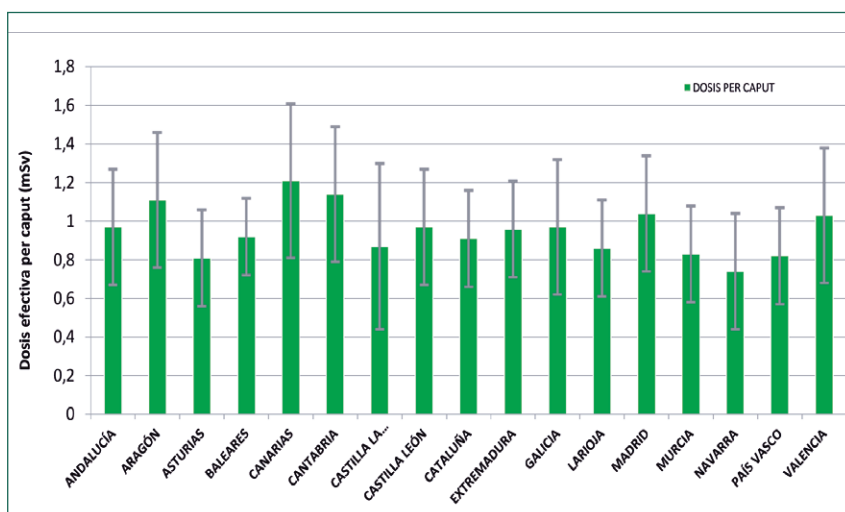


Figura.5. Valores de dosis efectiva *per caput* (mSv) para cada comunidad autónoma.

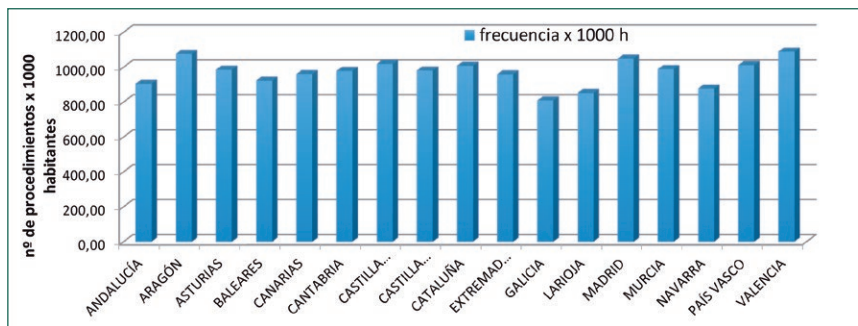


Figura 6. Números de procedimientos por 1000 habitantes para cada comunidad autónoma.

	España (2011)	DDM2 (2011)
Nº de exploraciones por millón de habitantes	13375	
Nº de exploraciones por 1000 habitantes	13,4	14,4
Nº de exploraciones por cápita	0,013	0,014

Tabla 6. Frecuencia total de exploraciones en medicina nuclear en España, DDM2 (35 países).

Estudio	España	DDM2		
		promedio	máx	mín
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión - ^{99m}Tc	2193	2496	12324	1
Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - ^{99m}Tc - RBC (hematíes in vivo)	362	201	904	1
Tiroides (incluyendo paratiroides) - ^{99m}Tc , ^{131}I	1402	1705	14685	53
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con ^{123}I - MIBG	52	---	---	---
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con ^{131}I - MIBG	9	---	---	---
Gammagrafía salival - ^{99m}Tc - Pertecnectato	101	---	---	---
Filtrado glomerular - ^{99m}Tc - DTPA	18	---	---	---
Renal - ^{99m}Tc	778	771	3842	14
Gammagrafía pulmonar de perfusión - ^{99m}Tc - MAA	418	550	3527	12
Gammagrafía pulmonar de ventilación - ^{99m}Tc - Aerosol, Technegas	267	---	---	---
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - ^{123}I - DaTSCAN (FP-CIT)	340	113	400	1
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - ^{123}I - IBZM (iodidebenzamidi)	8	---	---	---
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión - ^{99m}Tc - HMPAO	356	102	386	1
Estudio gammagráfico óseo de cuerpo completo - ^{99m}Tc - Fosfatos o fosfonatos	5591	3541	13702	286
Linfogammagrafía - ^{99m}Tc - Coloide			78	---
Detección gammagráfica del ganglio centinela - ^{99m}Tc - Coloide	520	---	---	---
Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - ^{111}In - Octreotido	128	121	1543	8
Tomografía de positrones oncológico con fluorodesoxiglucosa- ^{18}F FDG	1360	1101	3655	50
Infección/Inflamación	448	104	448	11

Tabla 7. Frecuencia de realización de estudios (nº de exploraciones por millón de habitantes) en España y DDM2.

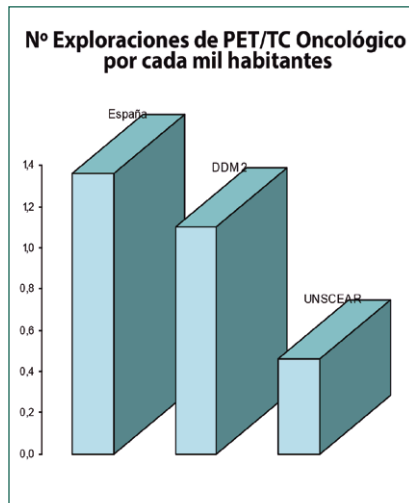


Figura 7. Frecuencia de realización de PET/TC oncológica en España, DDM2 y UNSCEAR.

Canarias con un valor de 1,21 mSv. Este rango de valores, considerando la incertidumbre asociada al cálculo de los mismos, es coherente con los valores reportados por países participantes en DDM2.

Del análisis de la Figura 6 podemos concluir que la comunidad autónoma con una menor frecuencia por 1000 habitantes es la Comunidad de Galicia con un valor de 809 frente a la Comunidad de Valencia con un valor de 1089 procedimientos por 1000 habitantes.

Es interesante indicar que los valores de frecuencia han sido obtenidos a partir de la totalidad de códigos DOPOES y no por extrapolación a valores corregidos a partir del TOP 20.

Resultados de DOMNES

En la Tablas 6 y 7 se muestran los datos más relevantes en frecuencia para el conjunto de datos analizados dentro del proyecto DOMNES y obtenidos para España y su comparación con el promedio de la proyecto DDM2. Se muestran el número total de procedimientos por año, la frecuencia anual por 1.000 de habitantes y *per cápita*. Así como número de exploraciones por millón de habitantes. Estos valores corresponden a un número total de 629.000 exploraciones de medicina nuclear diagnóstica.

Como era esperable, los estudios más realizados son la gammagrafía

ósea, el SPECT de perfusión miocárdica (ambas realizadas con ^{99m}Tc) y el estudio oncológico mediante tomografía por emisión de positrones (PET/TC) con ^{18}F FDG.

En el caso concreto de la implantación de la tomografía por emisión de positrones en España, los resultados comparados con el estudio europeo se muestran en la Figura 7.

De los resultados analizados se observa que la frecuencia de realización de exploraciones PET o PET/TC en España es superior al global europeo de DDM2 y al mundial de UNSCEAR, hay que tener en cuenta que los promedios de DDM2 y UNSCEAR contabilizan sólo los países en los cuales esta modalidad está implementada. En el caso de DDM2, se contabilizan 19 de los 35 países participantes, mientras que en el caso del estudio de UNSCEAR se indica el promedio sobre 24 países.

En cuanto a la dosis efectiva colectiva se muestran en la Tabla 8 los valores en España para las diferentes exploraciones analizadas.

En la Tabla 9 se han seleccionado las exploraciones cuya contribución a la dosis efectiva colectiva es mayor. Así mismo en la Figura 8 se muestra la contribución porcentual de cada una de estas exploraciones a la dosis efectiva colectiva total y la del resto.

Si bien en el estudio europeo se han escogido las siete más significativas (TOP 7), en el caso español se han seleccionado ocho exploraciones, debido a la diferencia de agrupación en algunos casos.

En cuanto a la contribución de la medicina nuclear a la dosis efectiva colectiva total los resultados se muestran en la Tabla 10 tanto para el caso de España como para los estudios DDM2 y UNSCEAR.

Con los resultados obtenidos en DOMNES, el valor de la dosis efectiva per cápita en España por procedimientos médicos de diagnóstico de medicina nuclear es de 0,07 mSv. Los valores obtenidos hasta el momento muestran que la dosis efectiva colectiva es similar a la de los países, europeos en el estudio DDM2.

Respecto al análisis de los datos por exploración, las dosis efectivas impartidas en estudios de diagnóstico en España son ligeramente superiores al promedio obtenido por DDM2, pero inferiores a las de UNSCEAR, se debe

Estudio	Dosis efectiva colectiva anual (hombre -Sv-)	Dosis efectiva colectiva por millón de habitantes (mSv)	Dosis efectiva colectiva per cápita (mSv)
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - ^{99m}Tc - MIBI (Cardiolite)	35,97	765	7,65E-04
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - ^{99m}Tc - Tetrofosmin (Myoview)	245,89	5230	5,23E-03
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - ^{99m}Tc - MIBI (Cardiolite)	31,12	662	6,62E-04
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - ^{99m}Tc - Tetrofosmin (Myoview)	240,63	5118	5,12E-03
Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - ^{99m}Tc - RBC (hematíes in vivo)	93,69	1993	1,99E-03
Gammagrafía tiroidea - ^{99m}Tc - Pertecnectato	125,99	2680	2,68E-03
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con ^{123}I - MIBG	9,97	212	2,12E-04
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con ^{131}I - MIBG	6,58	140	1,40E-04
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con ^{131}I - Yoduro	80,46	1711	1,71E-03
Gammagrafía de paratiroides - ^{99m}Tc - MIBI	87,79	1867	1,87E-03
Gammagrafía salival - ^{99m}Tc - Pertecnectato	15,83	337	3,37E-04
Filtrado glomerular - ^{99m}Tc - DTPA	0,12	3	2,52E-06
Gammagrafía renal - ^{99m}Tc - DMSA	19,14	407	4,07E-04
Renograma - ^{99m}Tc - DTPA	4,56	97	9,71E-05
Renograma - ^{99m}Tc - MAG3	18,10	385	3,85E-04
Gammagrafía pulmonar de perfusión - ^{99m}Tc - MAA	44,90	955	9,55E-04
Gammagrafía pulmonar de ventilación - ^{99m}Tc - Aerosol, Technegas	44,13	938	9,38E-04
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - ^{123}I - DaTSCAN (FP-CIT)	71,11	1512	1,51E-03
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - ^{123}I - IBZM (iodidebenzamidi)	2,25	48	4,78E-05
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión - ^{99m}Tc - HMPAO	114,27	2430	2,43E-03
Estudio gammagráfico óseo de cuerpo completo - ^{99m}Tc - Fosfatos o fosfonatos	1154,89	24562	2,46E-02
Linfogammagrafía - ^{99m}Tc - Coloide	3,86	82	8,20E-05
Detección gammagráfica del ganglio centinela - ^{99m}Tc - Coloide	21,16	450	4,50E-04
Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - ^{111}In - Octreotido	112,32	2389	2,39E-03
Tomografía de positrones oncológico con fluorodesoxiglucosa - ^{18}F - FDG	407,89	8675	8,67E-03
Gammagrafía con leucocitos marcados - ^{99m}Tc - Leucocitos	44,00	936	9,36E-04
Gammagrafía con citrato de Galio - ^{67}Ga - Citrato	236,12	5022	5,02E-03

Tabla 8. Dosis efectiva por estudio de medicina nuclear en España.



Estudio	Dosis efectiva colectiva anual (Sv-persona)	Dosis efectiva colectiva per cápita (mSv)
Estudio gammagráfico óseo de cuerpo – ^{99m} Tc- Fosfatos o fosfonatos	1154,89	2,46E-02
Tomografía de positrones oncológico con fluorodesoxiglucosa – ¹⁸ F – FDG	407,89	8,67E-03
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) – ^{99m} Tc – Tetrafosmin (Myoview)	245,89	5,23E-03
Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación – ^{99m} Tc – Tetrafosmin (Myoview)	240,63	5,12E-03
Gammagrafía con citrato de Galio – ⁶⁷ Ga – Citrato	236,12	5,02E-03
Gammagrafía tiroidea – ^{99m} Tc- Pertecnectato	125,99	2,68E-03
Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión – ^{99m} Tc – HMPAO	114,27	2,43E-03
Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina – ¹¹¹ In – Octreotido	112,32	2,39E-03

Tabla 9. Dosis efectiva colectiva para los estudios del TOP 7 en España.

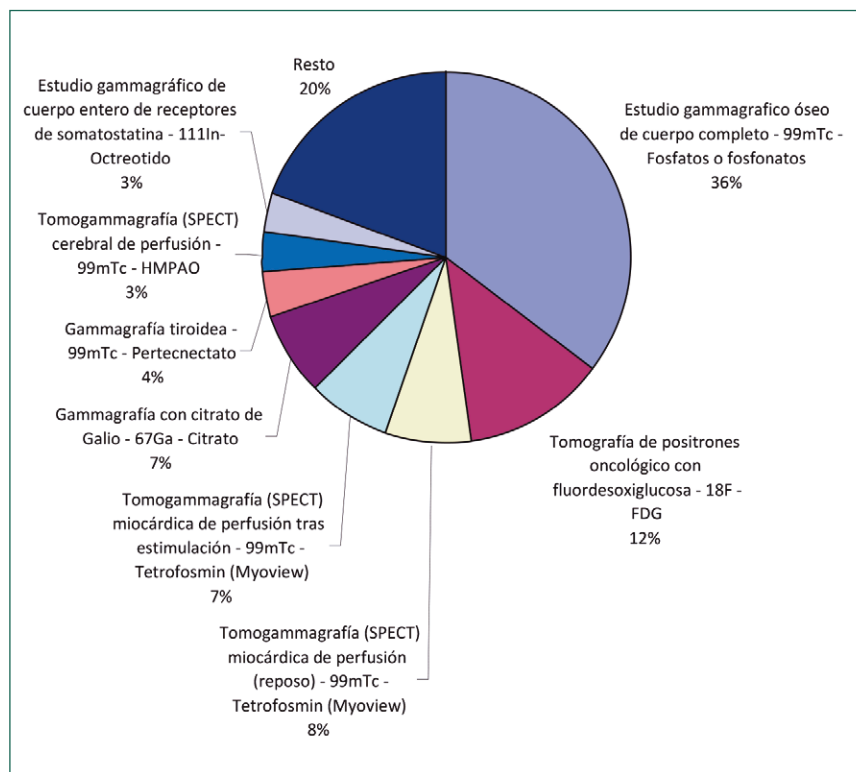


Figura 8. Contribución relativa de las exploraciones más significativas en España a la dosis efectiva colectiva.

Dosis efectiva per cápita (mSv /%)	España	DDM2	UNSCEAR
Estudios de medicina nuclear	0,07	0,06	0,03
	6,1%	4,9%	4,7%

Tabla 10. Dosis efectiva colectiva por estudios de radiodiagnóstico y medicina nuclear en España, DDM2 y UNSCEAR.

tener en cuenta no obstante la diferencia en las metodologías empleadas por cada estudio

En el proyecto DDM2 se indica que solamente siete exploraciones contribuyen al 70%-90% de la dosis efectiva colectiva y al 50%-70% de la frecuencia en medicina nuclear por lo que propone que los estudios prospectivos nacionales se concentren en esos siete (TOP 7). En cuanto a la periodicidad de realización del estudio, DDM2 recomienda recoger los datos de número de exámenes y de dosis a pacientes cada cinco años con objeto de detectar las tendencias.

AGRADECIMIENTOS

En nombre de todo el equipo humano de la UMA que ha hecho posible DOPOES nuestro agradecimiento al Consejo de Seguridad Nuclear por su decidida apuesta en proyecto de investigación en materia de protección radiológica en medicina, así como también por el apoyo del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

Expresar también nuestro agradecimiento por la ayuda y el trato cordial recibido por los gerentes y por todo el personal de los Servicios de Radiología, Cardiología Intervencionista, Radiofísica y Protección Radiológica e Informática, así como a las UTPR que nos han aportado logística e información de clínicas dentales.

En cuanto a DOMNES nuestro agradecimiento al Foro Sanitario de Protección Radiológica así como a la SEMINM. También a todos los servicios de medicina nuclear y protección radiológica que han participado y que han respondido en una abrumadora mayoría. De manera particular agradecer a los representantes de los hospitales del grupo del trabajo, que junto con el grupo de médicos nucleares de la Subdirección de Protección Radiológica del CSN han hecho posible, al responsabilizarse de un grupo de servicios, que la respuesta fuera significativa y ha permitido apoyar y resolver las dudas de los profesionales.

Por último, el agradecimiento a la Subdirección de Informática del CSN y a los responsables de la empresa Steria que desarrollaron las herramientas de Internet y el tratamiento de los datos.■