

**PROYECTO DOMNES. PROSPECCION NACIONAL DE  
PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO EN MEDICINA  
NUCLEAR UTILIZADOS EN LOS CENTROS  
SANITARIOS ESPAÑOLES. ESTIMACION DE DOSIS  
RECIBIDAS POR LOS PACIENTES Y LA POBLACIÓN**



## Índice

|  |    |
|--|----|
| Resumen ejecutivo .....  | 1  |
| 1. Introducción.....   | 3  |
| 2. Objetivo.....   | 4  |
| 3. Metodología.....  | 5  |
| 3.1 Organización .....   | 5  |
| 3.2 Metodología de trabajo.....  | 6  |
| 4. Información general.....  | 8  |
| 4.1. Marco regulador .....   | 8  |
| 4.2. Datos hospitalarios .....   | 9  |
| 4.3. Códigos de exploraciones nomenclator.....   | 10 |
| 5. Contribución al proyecto Europeo DDM2 .....   | 10 |
| 6. Dosis a la población por estudios de medicina nuclear .....   | 11 |
| 6.1 Frecuencias.....   | 11 |
| 6.2 Dosis efectiva.....  | 19 |
| 6.3 Dosis efectiva colectiva.....  | 23 |
| 6.4 Contribución de la medicina nuclear a la dosis efectiva colectiva total.....                               | 29 |
| 7. Incertidumbres en datos.....  | 30 |
| 8. Discusión y conclusiones .....  | 30 |
| 9. Agradecimientos.....  | 32 |
| 10. Bibliografías .....  | 33 |
| Anexo I: cuestionario .....  | 35 |
| Anexo II: grupo coordinador y grupo colaborador .....  | 1  |
| Anexo III: listado de Hospitales colaboradores: Servicios de Medicina Nuclear y de Protección radiológica..... | 2  |

## Resumen ejecutivo

El número de exploraciones y procedimientos médicos que emplean radiaciones ionizantes ha aumentado de forma continua en los últimos años. Según los datos presentados en el último informe UNSCEAR (2008), 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 las de los trabajadores expuestos. En la Conferencia internacional de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre Protección Radiológica, que tuvo lugar en Bonn en 2012, se confirmó que la práctica médica es la mayor fuente de origen humano de contribución de dosis a la población, igualándose a la radiación de fondo en algunos países como Estados Unidos y superándolo en otros como en Australia.

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 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 este contexto, la Unión Europea, en el artículo 12 de la Directiva 97/43/EURATOM titulado *Estimación de las dosis a la población*, exige a los Estados Miembros la necesidad de obtener estimaciones de las dosis poblacionales a partir de las dosis individuales por cada exposición médica, así como por grupos de edad y sexo. Esta exigencia se ha mantenido en la nueva de la Directiva 2013/53/EURATOM.

Hay que destacar el proyecto Europeo DOSE DATAMED (DDM) donde se recogieron las estimaciones de dosis por las prácticas médicas de rayos X. Este proyecto dio lugar en 2008 a la publicación Radiation Protection nº 154, titulada “European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures”. Este documento desarrolló una metodología común y presentó los resultados del proyecto multinacional europeo. En 2011 se inició un segundo proyecto DOSEDATAMED (DDM2) con el objetivo de ampliar y fortalecer la implantación de la guía europea.

En España, la aportación de este género de datos a las diferentes organizaciones internacionales ha sido realizada de forma discontinua. Nuestro país contribuyó a UNSCEAR por primera vez en el año 1993, siendo 2007 el último año en el que se enviaron datos de las exposiciones médicas. Y en el primer proyecto DDM, España no participó.

Es por ello que en 2011, el CSN dentro de sus competencias de realizar propuestas en el ámbito de la protección radiológica del paciente en colaboración con las autoridades sanitarias, impulsó la realización de dos proyectos para la estimación de dosis a la población por estudios médicos. Uno de los proyectos se ha centrado en los procedimientos de radiodiagnóstico, denominado **DOPOES** (Estimación de la **DO**sis **PO**blaciones en **E**spaña en estudios de radiodiagnóstico médico) y el otro, objeto de este documento, se ha centrado en los estudios de medicina nuclear, denominado **DOMNES** (**D**osis a la **P**oblación por estudios de **M**edicina **N**uclear en **E**spaña). **DOMNES** se ha llevado a cabo en el marco del *Foro de Protección Radiológica en el Medio Sanitario* compuesto por el Consejo de Seguridad Nuclear, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM). Además de los integrantes

del Foro Sanitario, **DOMNES** ha contado con la participación de la Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNUM). El proyecto ha sido efectuado en el ámbito del Acuerdo Marco de Colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y el respaldo de las Autoridades sanitarias de las Comunidades Autónomas.

El objetivo del proyecto **DOMNES**, además de participar en el DDM2, ha sido conocer la frecuencia de las exploraciones en medicina nuclear diagnóstica y su contribución a la exposición a la población española. La metodología empleada ha sido la de la Guía Europea nº 154, recogiendo los datos, correspondientes al año 2011, mediante un cuestionario diseñado para tal fin. A través de una plataforma web desarrollada por el CSN, todos los servicios de medicina nuclear y servicios de protección radiológica y radiofísica del país, tuvieron acceso telemático a dicho cuestionario.

De los resultados del proyecto, se ha obtenido que el número de exploraciones realizadas en España en el año 2011 fue de 628.992 y que la dosis efectiva colectiva fue de 3.272,7 Sv·persona o de 69,6 Sv por millón de habitantes, dando lugar a una dosis de 0,07 mSv per cápita. Comparando con los datos preliminares del proyecto DOPOES, que se encuentra a punto de finalizar, la dosis efectiva per cápita en radiodiagnóstico es de 1,08 mSv.

Si se compara con los países europeos participantes en DDM2, los resultados son similares en las exploraciones destacadas como TOP7, aquellas que contribuyen más a la dosis colectiva ya sea por su frecuencia de realización o por la dosis que proporcionan.

**DOMNES** ha sido un proyecto de colaboración notable entre sociedades profesionales, reguladores y autoridades sanitarias, que ha permitido conocer la frecuencia y dosis efectiva por exploraciones de medicina nuclear en España y que ha desarrollado herramientas que permitirán estimar tendencias en los datos, con el objetivo de optimizar y mejorar los procedimientos diagnósticos en la práctica de medicina nuclear.

## 1. Introducción

Existe una preocupación internacional por el riesgo radiológico que supone el incremento de los procedimientos diagnósticos realizados con radiaciones ionizantes tanto en pacientes como en los profesionales sanitarios, implicados de forma indirecta.

Este hecho ha sido destacado por el comité UNSCEAR y por la Organización Mundial de la Salud (OMS), incluyéndolo en la acción denominada “Iniciativa Global sobre seguridad radiológica en el ámbito sanitario”. En la Conferencia internacional de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre Protección Radiológica que tuvo lugar en Bonn en 2012 se confirmó que es la mayor fuente de contribución de dosis a la población, igualándose a la radiación de fondo en algunos países como Estados Unidos (1) y superándolo en otros como en Australia (2).

Es por ello que el conocimiento de las dosis a la población ha sido objeto del interés de las autoridades competentes. Así, en el ámbito Europeo, la Directiva 97/43/EURATOM relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, en su artículo 12 titulado Estimaciones de dosis a la población, exige a los Estados Miembros la necesidad de obtener estimaciones de las dosis poblacionales a partir de las dosis individuales por cada exposición médica. Esta exigencia se ha mantenido en la nueva Directiva 2013/59/.

En este sentido, la Comisión Europea publicó en 2008 el documento Radiation Protection n° 154, titulado “European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures” (4), que desarrollaba una metodología común y presentaba los resultados de un proyecto multinacional europeo que permitió estimar las dosis a la población por exposiciones médicas.

Este proyecto, denominado DOSE DATAMED (DDM), se centró básicamente en exámenes de radiodiagnóstico. Sin embargo, en su Anexo II se presentó una revisión de los posibles métodos de obtención de datos y los resultados de las estimaciones de dosis a la población derivadas de estudios diagnósticos de medicina nuclear. En esta parte del estudio participaron sólo ocho países de los diez países originales del proyecto: Alemania, Bélgica, Holanda, Inglaterra, Luxemburgo, Noruega, Suiza y Suecia. El alcance de este proyecto inicial fue limitado, ya que su objetivo principal era plantear una metodología de recopilación y análisis de datos, y por lo tanto, salvo en algunos casos concretos, no se pueden llevar a cabo comparativas entre los resultados de este proyecto y los desarrollados posteriormente.

En 2011 comenzó una segunda fase del proyecto europeo, denominado DOSE DATAMED 2 (DDM2) en el cual se hizo un mayor hincapié en los estudios de medicina nuclear y además se incluyeron otros países que, como España, no participaron en el proyecto anterior.

España participó por primera vez en el año 1993 en la recogida de datos para UNSCEAR sobre frecuencia de exámenes médicos y estimación de dosis a la población, aportando datos de exposiciones médicas en radiodiagnóstico mediante extrapolación de datos de hospitales de la Comunidad de Madrid al conjunto del estado. El 2 de junio de 1999 se creó el Grupo de Trabajo UNSCEAR a propuesta del profesor Eliseo Vañó y

con el visto bueno de la Dirección General de Salud Pública, que se plasmó, en la Ponencia de Protección Radiológica, constituida en el seno del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. En el año 2000 se realizó un informe considerando ya todas las Comunidades Autónomas y con datos de exposiciones médicas de diagnóstico y terapia por los datos elaborados por el grupo de trabajo creado (5) (6). El último informe que se envió a UNSCEAR sobre datos de las exposiciones médicas en España fue en el año 2007.

Por ello, en junio de 2011, el Consejo de Seguridad Nuclear aprobó la realización del Proyecto **DOPOES** (*Estimación de dosis a la población en España*) para la estimación de las dosis por estudios de radiodiagnóstico médico, faltando un proyecto semejante en la práctica de la medicina nuclear.

De tal forma que, en noviembre de 2011, se presentó en el Foro de Protección Radiológica en el Medio Sanitario la propuesta del proyecto de *Prospección Nacional de Procedimientos de Diagnóstico en Medicina Nuclear*. El Foro, creado en 2001, está compuesto por el Consejo de Seguridad Nuclear, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM). Además de los integrantes del Foro Sanitario ha contado con la participación de la Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNUM). El proyecto ha contado con la colaboración del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y la participación de las Autoridades Sanitarias de las Comunidades Autónomas.

Este proyecto, basado en la metodología propuesta por la Comisión Europea en el documento RP 154, y cuyo acrónimo es **DOMNES** (**D**osis a la población de estudios de **m**edicina **n**uclear en **E**spaña) ha posibilitado comparar los valores de dosis a pacientes entre las exploraciones más significativas de medicina nuclear, así como su contribución a las dosis poblacionales en nuestro país en relación a otras fuentes de exposición.

## 2. Objetivo

El objetivo general del proyecto ha sido la realización de una prospección de los procedimientos de medicina nuclear que se realizan en los centros sanitarios españoles, teniendo en cuenta su frecuencia, edad y sexo. Esto ha permitido evaluar las dosis que reciben los pacientes por cada procedimiento diagnóstico y estimar la dosis a la población debida a ellos.

Los objetivos específicos del trabajo han sido:

1. Determinar las frecuencias de los diferentes tipos de exámenes diagnósticos en medicina nuclear y las dosis impartidas a los pacientes.
2. Estimar la contribución de los diferentes procedimientos diagnósticos de medicina nuclear a la dosis colectiva total en España.
3. Comparar la contribución a la dosis de la población debida al diagnóstico en medicina nuclear con las debidas a la exposición a fuentes naturales y artificiales de radiaciones ionizantes en España

4. Comparar las frecuencias y las dosis individuales actuales con las obtenidas en los países de la Unión Europea.
5. Proponer niveles de referencia diagnósticos de actividad actualizados para los procedimientos de diagnóstico en medicina nuclear con una contribución significativa a la dosis colectiva.
6. 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.
7. Aportar información sobre la situación en España al proyecto de la Comisión Europea Dose Datamed 2.

### **3. Metodología**

#### **3.1 Organización**

Para llevar a cabo estos objetivos se crearon los siguientes grupos:

- a) Grupo Coordinador
- b) Grupo de Trabajo
- c) Comité Técnico

El Grupo Coordinador estaba formado por un representante de cada una de las sociedades profesionales implicadas, Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNIN), Sociedad Española de Física Médica (SEFM) y Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) así como por un representante de la Subdirección de Protección Radiológica Operacional (SRO) del CSN. Este grupo coordinó todo el proyecto, en lo relativo a la definición y desarrollo del proyecto de detalle, incluyendo la metodología y el calendario de trabajo.

El Grupo de Trabajo estuvo constituido por el grupo coordinador y ampliado, por parte de cada sociedad profesional, con al menos otros tres representantes, y por parte del CSN, por los médicos nucleares de la SRO. El objetivo de este grupo formado por veintiuna personas (ver Anexo II), consistió en seguir la ejecución del proyecto, resolver todas aquellas dudas que se planteasen durante la recogida de información, analizar los datos y los resultados, así como elaborar el informe final.

El Comité Técnico incluía, además del Foro de Protección Radiológica en el Medio Sanitario y la SEMNIM, al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad a través de la Dirección General de Salud Pública e Innovación. Este Comité realizó las funciones de revisión del informe final.

Una de las funciones que se requirió de las sociedades profesionales participantes fue facilitar la ejecución del proyecto. Para ello, cada uno de los Presidentes envió una carta firmada dirigida, tanto a los Jefes de Servicio de medicina nuclear como a los de radiofísica y protección radiológica, en la que se informaba acerca del proyecto y de la necesidad de colaboración por parte de los profesionales implicados. Asimismo, se publicó

una nota para difusión en las páginas web así como en las revistas de cada una de las sociedades profesionales con el mismo objetivo.

### 3.2 Metodología de trabajo

Se siguió la metodología del proyecto DOSE DATAMED 2 adaptándola a las características de la práctica de la medicina nuclear en España.

Para estimar la dosis a la población se precisa conocer el número de procedimientos médicos que se realizan, es decir la frecuencia de exploraciones, y la dosis que se recibe por cada uno de ellas.

La magnitud que se emplea en las estimaciones es la dosis efectiva, que tiene en cuenta la exposición no uniforme de los órganos y tejidos sensibles a la radiación, de manera que su valor numérico es equivalente a la dosis que, recibida de forma uniforme por todo el organismo, resultaría en el mismo riesgo total.

En medicina nuclear, la dosis efectiva se obtiene multiplicando la actividad que se administra al paciente en cada exploración por un factor de conversión de dosis, obtenido por estudio de simulación o con maniqués antropomórficos. Los factores de conversión de dosis se encuentran en las publicaciones nº 53, 80 y 106 de la ICRP.

La dosis efectiva colectiva requiere conocer el número total de exploraciones y la dosis efectiva media por examen.

El método de obtención de los datos fue mediante un cuestionario, desarrollado por el Grupo Coordinador y consensado en el Grupo de Trabajo.

El cuestionario predefinía y aportaba los siguientes datos a los servicios de medicina nuclear participantes:

- *Listado, cribado y agrupado, de los procedimientos diagnósticos de medicina nuclear:* Se tomó como modelo la lista de exámenes proporcionada por el DOSE DATAMED 2 (DDM2) actualizada, traduciéndola y cotejándola con el nomenclador de la SEMNIM, con objeto de facilitar lo más posible la transmisión de datos al proyecto de la UE y permitiendo también descartar aquellas exploraciones diagnósticas cuya contribución a la dosis a la población es marginal, ya sea por su baja frecuencia de realización, o por la dosis efectiva que produce, o por ambas razones.
- *Actividad administrada por cada exploración, obtenida de referencias nacionales o internacionales:* Esta información se pensó en principio obtener, siempre que fue factible de la SEMNIM para que proporcionasen los siguientes datos: tipos de exploraciones, radionucleidos y forma química de los radiofármacos y actividades administradas de forma habitual.

Inicialmente se llevó a cabo una prueba piloto de aplicación del cuestionario en trece centros hospitalarios estratégicamente elegidos y representados en el Grupo de Trabajo. Esta prueba sirvió para obtener información que permitiera solventar los problemas de aplicación que pudieran presentarse. De esta forma se pudo diseñar un cuestionario que



permitiera obtener una información realista y fácil de cumplimentar por los profesionales, de manera que la respuesta obtenida fuera significativa.

Dado que el planteamiento del estudio era retrospectivo y la recogida de datos se decidió que fuera de un año, en la prueba piloto la recogida de datos fue prospectiva, de manera que sirviese de sistema de extrapolación de datos para aquellas variables que no se pudieran analizar retrospectivamente al no haber sido recogidas.

En el estudio prospectivo que se llevó a cabo en los trece hospitales del programa piloto, se recopilaban datos, correspondientes a los cuatro primeros meses de 2012, de frecuencias y actividades reales, indicándose el número de exploraciones realizadas a niños y también separadas por sexo.

Se definieron criterios para determinar las frecuencias de las exploraciones para niños y adultos y según género, que servirían para extrapolar los datos recibidos por los demás servicios.

Posteriormente, el estudio se dirigió al 100% de las instalaciones de Medicina Nuclear (167 servicios de medicina nuclear) de España y a los 72 Servicios de Protección Radiológica y Radiofísica, solicitando la información relativa a los procedimientos diagnósticos realizados en 2011.

La recogida de datos fue realizada mediante herramientas *on line* a través de una plataforma *web* desarrollada por el CSN. A cada uno de los servicios médicos y de protección radiológica se le proporcionó información para acceder a la misma. El uso de la aplicación estaba restringido a los usuarios designados por cada centro para facilitar la información solicitada en los cuestionarios. Por ello, para acceder al sistema, los usuarios tenían que identificarse ante el sistema suministrando una contraseña e indicar el centro asignado. Una vez identificado, el usuario podía realizar el resto de operaciones. La información fue tratada con el máximo rigor en cuanto a confidencialidad y cumplimiento con la reglamentación vigente en materia de protección de datos personales (en la recopilación de los datos no aparecían los nombres de los paciente) y no fue, ni será, utilizada con otros fines que los asociados a los objetivos de este proyecto.

Tras el acceso a la plataforma, el sistema mostraba el formulario de la encuesta y mediante él se registraba la información solicitada de cada uno de los procedimientos diagnósticos de medicina nuclear. El usuario podía cumplimentar en varias sesiones los datos del cuestionario, siendo posible la modificación hasta la realización del cierre. También se permitía la descarga local de los datos propios en formato de hoja Microsoft Excel®.

Una vez el usuario daba por definitivos los datos aportados, el sistema no permitía la modificación de los mismos, salvo su visualización a través del archivo Microsoft Excel® descargado.

Los datos se almacenaron en una base de datos creada específicamente para el proyecto DOMNES y se pudieron tratar para su exportación, obtención de gráficos y de tablas, usando Microsoft Excel® para su análisis.

## 4. Información general.

### 4.1. Marco regulador

El Real Decreto 1313/2010 por el que se reestructuran los departamentos ministeriales, dispone en su artículo 15 que corresponde al Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad la política del Gobierno en materia de salud, de planificación y asistencia sanitaria y de consumo, así como el ejercicio de las competencias de la Administración General del Estado para asegurar a los ciudadanos el derecho a la protección de la salud. Asimismo, el Real Decreto 1258/2010 que desarrolla la estructura orgánica básica del mencionado Ministerio, dispone que la Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior es el órgano que asume, entre otras funciones, las relativas a la protección radiológica y a la de las radiaciones no ionizantes.

La Ley 33/2007, por la que se modifica la Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, asignó una nueva función al Organismo indicada en el apartado h) de su artículo 2º con el texto: “Colaborar con la autoridades competentes en relación con los programas de protección radiológica de las personas sometidas a procedimientos de diagnóstico o tratamiento médico con radiaciones ionizantes”. Para desarrollar esta nueva función, en noviembre de 2010, el CSN firmó un convenio marco con el Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad en el área de la protección radiológica del paciente, siendo los principales temas objeto de colaboración en relación con este área los siguientes:

- ✓ Participación en el desarrollo de normativa internacional y participación en Foros y grupos de trabajo nacionales e internacionales.
- ✓ Armonización de la protección radiológica del paciente en todas las CCAA.
- ✓ Epidemiología de los efectos sobre la salud debido a la exposición a radiaciones ionizantes de los trabajadores y la población.
- ✓ Fomento de la aplicación de nuevas técnicas de análisis de riesgo en instalaciones radiactivas médicas.
- ✓ Desarrollo de mecanismos de notificación de incidentes, accidentes y averías de equipos con posible impacto en la protección radiológica del paciente.
- ✓ Fomento de políticas para establecer e implantar registros dosimétricos individuales de pacientes.
- ✓ Formación en protección radiológica de los profesionales sanitarios.

Además, el Real Decreto 1976/1999 de 29 diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico (7) indica en su Disposición Adicional Primera, Estimaciones de las dosis a la población, que “la Autoridad Sanitaria competente y el Consejo de Seguridad Nuclear garantizarán que se determine la distribución de las estimaciones de dosis individuales resultantes de las exposiciones con fines médicos, para la población y los grupos de referencia significativos de la población, cuyos resultados serán remitidos al Ministerio de Sanidad y Consumo”

Por último, en el Real decreto 1841/1997 de 5 de diciembre sobre Garantía de calidad en medicina nuclear (8) se establece las actividades máxima que no deben sobrepasarse por exploración y radiofármaco lo que se conoce como Niveles de Referencia que se presentan en la siguiente tabla:

| Exploración                                 | Radiofármaco                            | Actividad Máxima (MBq) |
|---|---|------------------------|
| Gammagrafía tiroidea                        | $^{99m}\text{Tc}$ Pertecnectato         | 222                    |
|   | $^{123}\text{INa}$                      | 37                     |
| Captación tiroidea                          | $^{131}\text{INa}$                      | 1,5                    |
| Gammagrafía ósea                            | $^{99m}\text{Tc}$ Compuestos fosforados | 1110                   |
| Gammagrafía con citrato de $^{67}\text{Ga}$ | $^{67}\text{Ga}$ Citrato                | 370                    |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión           | $^{99m}\text{Tc}$ Macropartículas       | 296                    |
| Gammagrafía miocárdica de perfusión         | $^{201}\text{Tl}$                       | 150                    |
|   | $^{99m}\text{Tc}$ MIBI / TTF            | 750                    |
| Ventriculogammagrafía                       | $^{99m}\text{Tc}$ Hematíes / Albúmina   | 925                    |
| Renograma                                   | $^{99m}\text{Tc}$ MAG3 / DTPA           | 370                    |
| Gammagrafía hepatobiliar                    | $^{99m}\text{Tc}$ IDA y derivados       | 370                    |
| Gammagrafía hepática                        | $^{99m}\text{Tc}$ Coloide               | 259                    |
| Gammagrafía cerebral                        | $^{99m}\text{Tc}$ HMPAO                 | 370                    |
| Gammagrafía leucocitos                      | $^{111}\text{In}$ Oxina / Tropolona     | 20                     |
|   | $^{99m}\text{Tc}$ HMPAO                 | 370                    |
| Filtrado glomerular                         | $^{123}\text{I}$ othalamato             | 3,7                    |
|   | $^{51}\text{Cr}$ EDTA                   | 5,5                    |

**Tabla 1 Niveles de Referencia para el Diagnóstico vigentes en España.**

#### 4.2. Datos hospitalarios

España está considerada a nivel mundial dentro de los países de nivel I de sanidad. El nivel I corresponde a aquellos países con más de un médico por cada 1000 habitantes siendo la tasa en nuestro país de 4,84 por cada 1000 habitantes según el documento Indicadores del Sistema Nacional de Salud 2011 (9). De acuerdo a los datos del Ministerio de Sanidad en el mencionado documento estos servicios sanitarios se proporcionan en centros públicos y privados, distribuidos como se puede ver en la siguiente tabla:

|                             | <b>HOSPITALES PUBLICOS</b> | <b>HOSPITALES PRIVADOS</b> | <b>INSTITUTOS RADIOLOGIA PRIVADOS</b> |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Número/millón de habitantes | 7,5                        | 9,3                        | 27,9                                  |

**Tabla 2 : Distribución de actividad sanitaria en España**

En relación a los servicios de medicina nuclear del país, actualmente existen 167 entre públicos y privados. La cifra de médicos especialistas en medicina nuclear, incluyendo médicos en formación o residentes, es de 630. El número de equipos gammacámaras convencionales, equipos SPECT o SPECT/TC asciende a 228 y, por último, los equipos PET, PET/TC o PET /RMN son 82 (fuente SEMNIM 2013).

#### 4.3. Códigos de exploraciones nomenclator

El nomenclator constituye una relación consensuada, normalizada y ordenada de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos que se realizan en medicina nuclear. El primer nomenclator se publicó en la REMN (Revista Española de la SEMNIM) en 1999 y posteriormente se han realizado actualizaciones. La última publicada fue en el año 2007 (10). Con posterioridad se han realizado revisiones y actualizaciones a petición del Ministerio de Sanidad, para normalizar todas las exploraciones de medicina nuclear en todas las comunidades autónomas. La que se empleó para este estudio fue la publicada en la web del Ministerio de Sanidad y Consumo en el año 2012. Desde entonces existe el compromiso por parte de la SEMNIM de realizar una actualización bienal. Nos encontramos en ese proceso durante este año.

En esta relación de exploraciones se trató de ser lo más exhaustivo posible, para que tuvieran cabida todo tipo de exploraciones y particularidades. Sin embargo para el estudio DDM2 se decidió emplear únicamente aquellas exploraciones cuya frecuencia en los servicios de medicina nuclear fuera más alta.

Tema importante a tener en cuenta es la codificación de cada exploración. Originariamente los códigos del nomenclátor están constituidos por seis dígitos. Posteriormente se han ido modificando hasta el actual número de dígitos que es cuatro. No obstante para este estudio se ha llevado una codificación independiente puesto que se pensó que era más sencilla para el estudio.

Puesto que el proyecto Europeo DDM2 incluía veintiocho tipos de exámenes, con objeto de facilitar la transmisión de datos a Europa, se acotó la petición de datos a los servicios de medicina nuclear a dichas exploraciones diagnósticas.

## 5. Contribución al proyecto Europeo DDM2

España se incorporó en 2012 al proyecto DDM2 para proporcionar los datos de medicina nuclear. En junio se obtuvo una primera muestra de datos en base a los 13 hospitales del grupo de trabajo. Estos resultados, que atendiendo a los datos de población de asistencia sanitaria correspondían al 15% de la población, fueron enviados al proyecto europeo como datos preliminares. Los datos aunque preliminares, se compararon con otros países de nuestro entorno como Italia, resultando coherentes teniendo en cuenta las diferencias demográficas.

A finales del año 2012 se obtuvieron los datos correspondientes al 70% de los servicios de medicina nuclear, que fueron enviados a DDM2 como definitivos.

## 6. Dosis a la población por estudios de medicina nuclear

A continuación se presentan los datos y resultados obtenidos a partir de los cuestionarios enviados por los servicios de medicina nuclear que respondieron siendo estos un 80% al final del proyecto.

### 6.1 Frecuencias

El número total de estudios de cada exploración incluida en el análisis se obtuvo extrapolando el número de estudios de medicina nuclear que se realizaban por servicio al número total de servicios de medicina nuclear del país. El número total de estudios diagnósticos de medicina nuclear realizados en España durante el año 2011 fue de 628.922, para una población total de 47.020.000 habitantes. En la tabla siguiente se comparan las frecuencias obtenidas a partir de los datos anteriores con las obtenidas en el estudio europeo Dose Datamed 2 (DDM2) y el estudio publicado por UNSCEAR en 2008, a partir de datos recopilados en el periodo 1997 a 2007 (11):

|  | <b>España<br/>(2011)</b> | <b>DDM2<br/>(2011)</b> | <b>UNSCEAR<br/>(1997-2007)</b> |
|--|--------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Nº de exploraciones por millón de habitantes | 13375                    |                        |                                |
| Nº de exploraciones por 1000 habitantes      | 13,4                     | 14,4                   | 19,0                           |
| Nº de exploraciones por cápita               | 0,013                    | 0,014                  | 0,019                          |

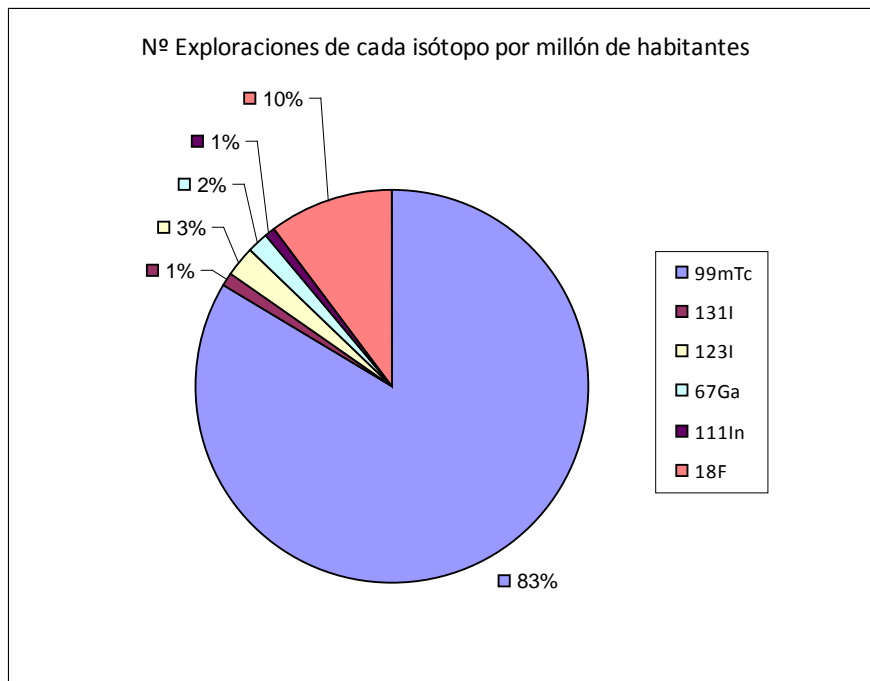
**Tabla 3: Frecuencia total de exploraciones en medicina nuclear en España, DDM2 (35 países) y UNSCEAR (26 países)**

Se puede observar que el número de exploraciones per cápita en España es muy similar al global europeo para todos los países participantes en DDM2. La frecuencia de exploraciones en España estaría en decimosegundo lugar de los 35 países de DDM2, entre las de Italia y Holanda.

Las frecuencias de utilización en España de cada radionucleido se presentan en la siguiente tabla y la figura correspondiente:

| Radionucleido     | Nº exploraciones millón habitantes |
|-------------------|------------------------------------|
| $^{99m}\text{Tc}$ | 11.171,5                           |
| $^{131}\text{I}$  | 157,6                              |
| $^{123}\text{I}$  | 339,6                              |
| $^{67}\text{Ga}$  | 218,6                              |
| $^{111}\text{In}$ | 128,0                              |
| $^{18}\text{F}$   | 1.360,3                            |

**Tabla 4: Frecuencias de radioisótopos en España**



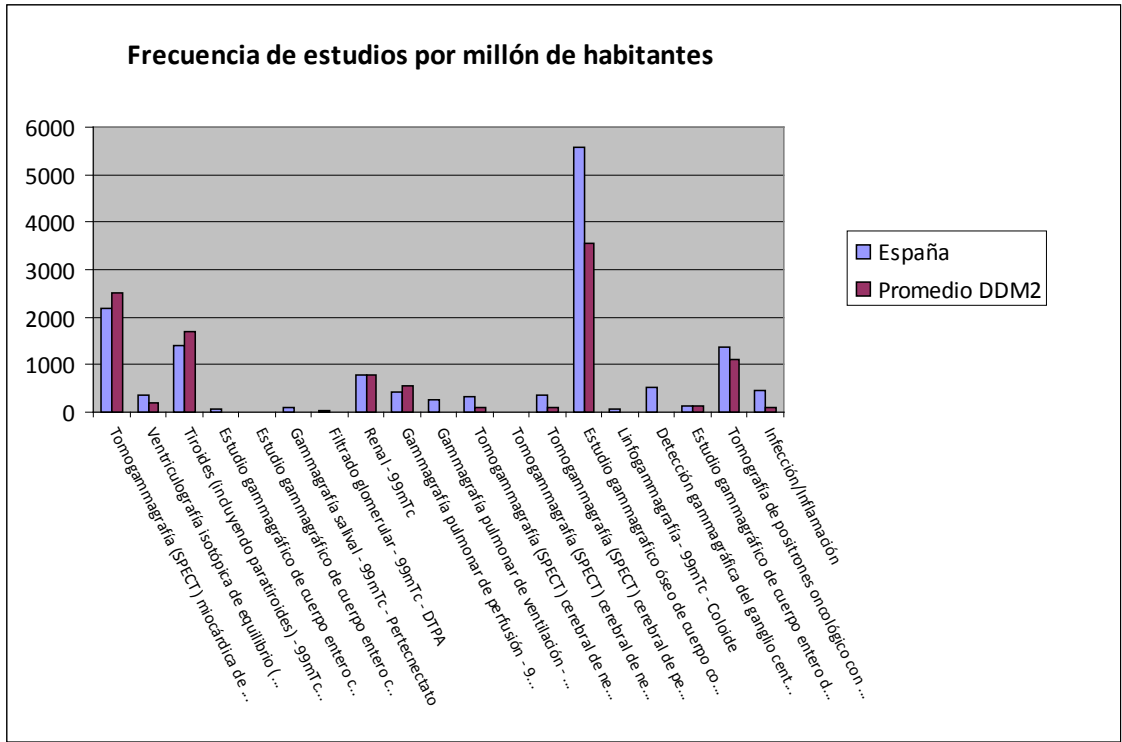
**Figura 1: Frecuencias de radioisótopos en España**

Estos resultados son similares a los de la mayoría de países en los que se realizan exploraciones PET o PET/TC, en los que los dos radionucleidos más empleados son  $^{99m}\text{Tc}$  y  $^{18}\text{F}$ .

En la tabla y la figura siguientes se muestran las frecuencias de realización de los estudios diagnósticos más habituales en España, comparándolas con las globales del estudio DDM2 en aquellos casos en que es posible:

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

**Tabla 5: Frecuencias de realización de estudios (nº de exploraciones por millón de habitantes) en España y DDM2.**



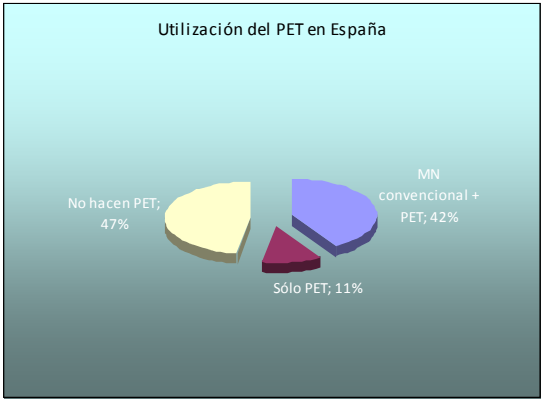
**Figura 2: Frecuencias de realización de estudios en España y DDM2.**

Como era esperable, los estudios más realizados son la gammagrafía ósea, el SPECT de perfusión miocárdica (ambas realizadas con <sup>99m</sup>Tc) y el estudio oncológico mediante PET/TC con <sup>18</sup>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 las tablas y figuras siguientes:

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Total centros que han respondido | 118 |
| MN convencional + PET            | 49  |
| Sólo PET                         | 13  |
| No hacen PET                     | 56  |

**Tabla 6: Implantación de la Tomografía por Emisión de Positrones en España**

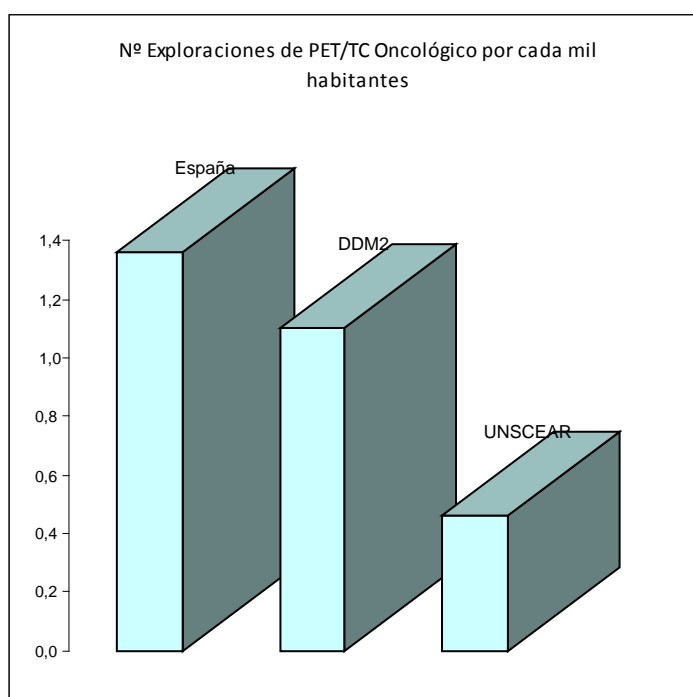


**Figura 3: Utilización del PET en España**



|  | Nº Exploraciones por mil habitantes |             |                     |
|--|-------------------------------------|-------------|---------------------|
|  | España (2011)                       | DDM2 (2011) | UNSCEAR (1997-2007) |
| Tomografía de positrones oncológico con fluorodesoxiglucosa- <sup>18</sup> FDG | 1,4                                 | 1,1         | 0,46                |

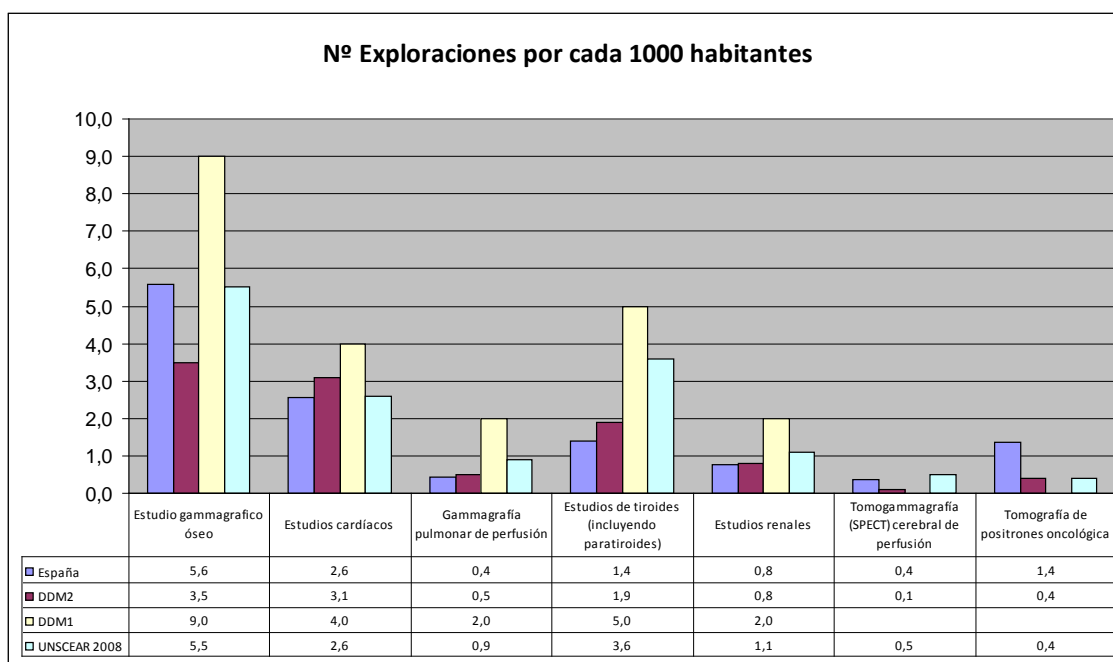
**Tabla 7: Frecuencia de realización de PET oncológica en España, DDM2 y UNSCEAR.**



**Figura 4: Frecuencia de realización de PET oncológica en España, DDM2 y UNSCEAR.**

La frecuencia de realización de exploraciones PET o PET/TC en España es superior al global europeo de DDM2 y al mundial de UNSCEAR, Debe tenerse 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.

Si se lleva a cabo una agrupación de exploraciones en función del tipo de aplicación, según los criterios empleados en los estudios DOSE DATAMED (DDM1 y DDM2), se pueden comparar las frecuencias por cada 1000 habitantes con dichos estudios y con el estudio de UNSCEAR:

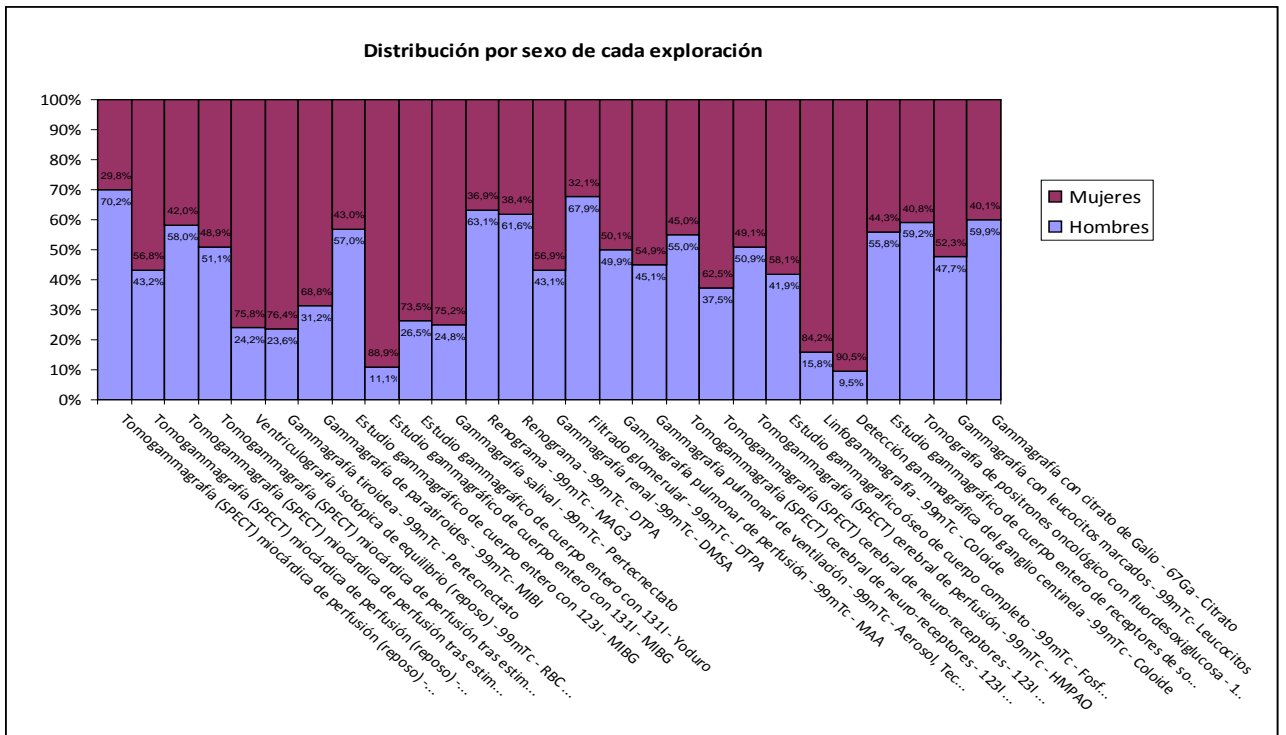


**Figura 5: Número de exploraciones, por grupos de éstas, por cada 1000 habitantes en España (2011), DDM2 (2011, 35 países), DDM1 (1998-2005, 8 países) y UNSCEAR (1997-2007, 26 países).**

Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos en el estudio DDM1 fueron limitados, por el número de países participantes y porque uno de sus objetivos principales era establecer una metodología de recogida y análisis de datos. Dicho aspecto implica que, en los comparativos, sólo se puedan emplear los resultados del estudio DDM1 para algunas exploraciones concretas.

En el caso de los centros que participaron en el estudio prospectivo del año 2012, se llevó a cabo también un estudio de las frecuencias en función del sexo del paciente y también de las frecuencias en pacientes pediátricos (edad inferior a 16 años y peso inferior a 50 kg).

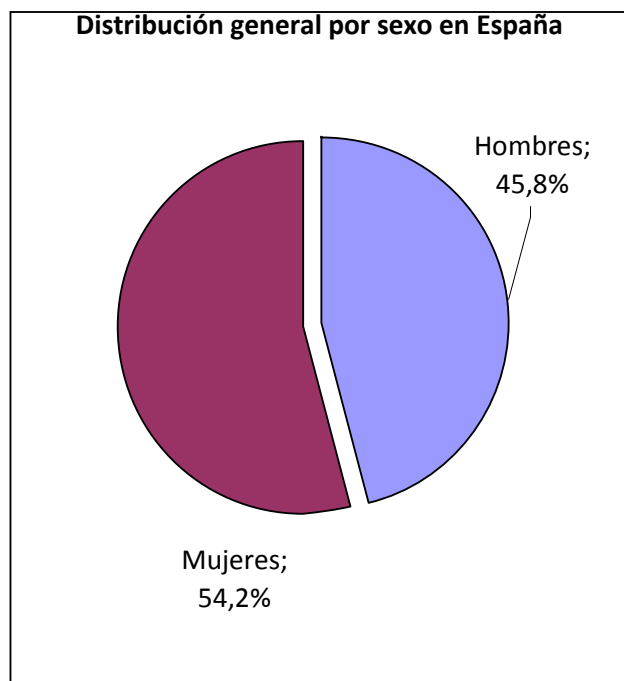
En el gráfico siguiente se muestra la frecuencia relativa por sexos, correspondiente a España, de cada una de las exploraciones incluidas en el presente estudio:



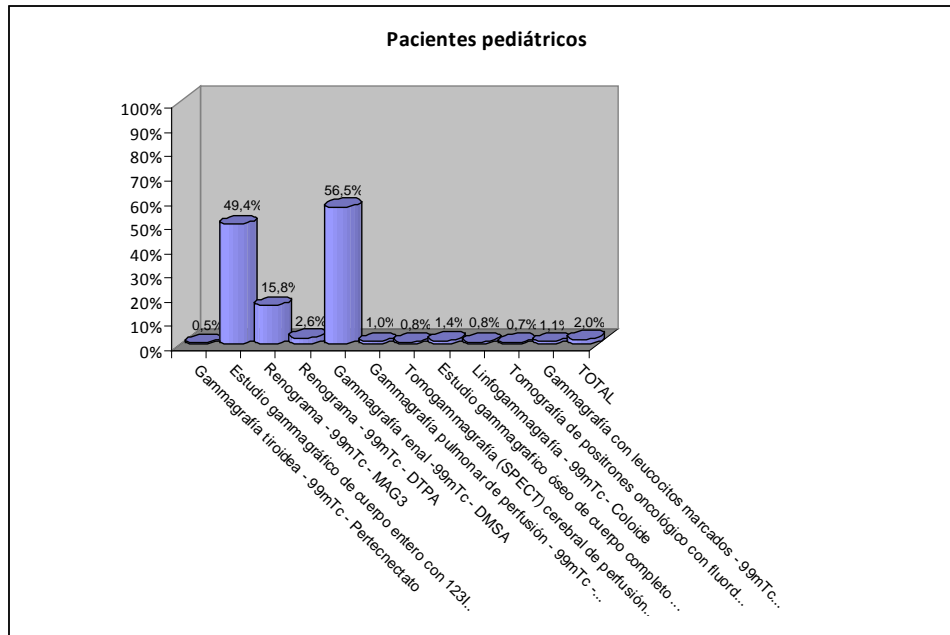
**Figura 6: Distribución por sexo de cada exploración en España**

Se puede observar que los resultados están condicionados con el tipo de patología a la cual está asociada la prueba diagnóstica, existiendo ciertas patologías dependientes del sexo del paciente. En el gráfico siguiente se muestra la frecuencia relativa en el caso del total de estudios y se observa que el número de exploraciones es ligeramente mayor en el caso de mujeres:

**Figura 7: Distribución general por sexo en España**



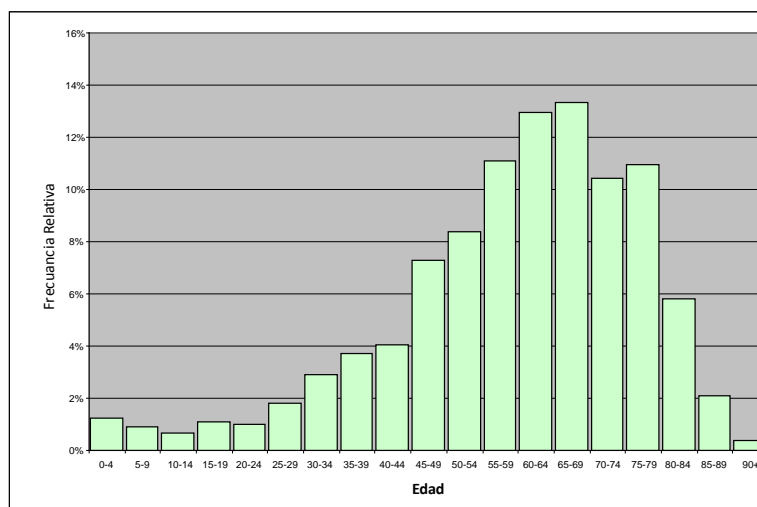
Para aquellas exploraciones que se realizan también en pacientes pediátricos, en el gráfico siguiente se muestra la frecuencia relativa en España de éstos para cada exploración y también para el total de exploraciones.



**Figura 8: Frecuencias de estudios pediátricos en España**

Se puede observar cómo las exploraciones que se realizan significativamente en pacientes pediátricos también están asociadas a determinadas patologías en las que la edad del paciente es un factor a tener en cuenta. Asimismo, en el caso del total de exploraciones, la frecuencia relativa de pacientes pediátricos (2%) podría considerarse poco significativa.

Dos de los centros participantes en el estudio prospectivo facilitaron también datos de frecuencias relativas del total de exploraciones por rangos de edad. Los resultados combinados de ambos centros se muestran en el siguiente gráfico:



**Figura 9: Frecuencias relativas por edades en España**

Si bien los informes de los estudios DDM2 y UNSCEAR no aportan datos en cuanto a frecuencias relativas por rangos de edad, sí que existen datos en el estudio DDM1 correspondientes a tres de los países participantes en el mismo (Luxemburgo, Holanda y Suiza). La forma de la distribución es similar a la que se muestra en el gráfico anterior, aunque los intervalos de frecuencias mayores están desplazados 10 años hacia edades mayores.

## 6.2 Dosis efectiva

Como se indica en el apartado 3.2, la dosis efectiva se obtiene multiplicando la actividad administrada por un factor de conversión de actividad a dosis.

En la tabla siguiente se muestran los valores de actividad promedio administrada en España para las exploraciones incluidas en el cuestionario y se comparan con los promedios europeos obtenidos en el estudio DDM2, del cual se indican también los valores máximo y mínimo de actividad empleada:

| Estudio  | Actividad (MBq) |           |            |        |
|--|-----------------|-----------|------------|--------|
|  | España          | DDM2      |            |        |
|  |                 | Pro-medio | Máximo     | Mínimo |
| Tomografía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)              | 804             | 645       | 1000       | 345    |
| Tomografía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview)          | 742             | 626       | 850        | 250    |
| Tomografía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)     | 718             | 652       | 1060       | 274    |
| Tomografía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview) | 701             | 579       | 1200       | 250    |
| Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - RBC (hematíes in vivo)           | 787             | 673       | 925        | 0,61   |
| Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnectato   | 202             | 154       | 1358       | 0,15   |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>123</sup> I - MIBG  | 314             |           |            |        |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - MIBG  | 111             |           |            |        |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - Yoduro                                      | 178             | 127       | 370        | 3      |
| Gammagrafía de paratiroides - <sup>99m</sup> Tc- MIBI  | 697             | 598       | 753        | 180    |
| Gammagrafía salival - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnectato  | 239             |           |            |        |
| Filtrado glomerular - <sup>99m</sup> Tc - DTPA   | 29              |           |            |        |
| Gammagrafía renal - <sup>99m</sup> Tc - DMSA   | 136             | 139       | 930        | 46     |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - DTPA   | 220             | 178       | 368        | 77     |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - MAG3   | 158             | 118       | 188        | 30     |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - MAA  | 208             | 157       | 288        | 75     |
| Gammagrafía pulmonar de ventilación - <sup>99m</sup> Tc - Aerosol, Technegas                             | 234             |           |            |        |
| Tomografía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - DaTSCAN (FP-CIT)                    | 186             | 171       | 197        | 121    |
| Tomografía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - IBZM (iodidebenzamidi)              | 183             |           |            |        |
| Tomografía (SPECT) cerebral de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - HMPAO                                     | 734             | 704       | 1243       | 209    |
| Estudio gammagráfico óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                 | 771             | 662       | <b>771</b> | 518    |
| Linfogammagrafía - <sup>99m</sup> Tc - Coloide   | 112             |           |            |        |
| Detección gammagráfica del ganglio centinela - <sup>99m</sup> Tc - Coloide                               | 92              |           |            |        |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - <sup>111</sup> In-Octreotido      | 156             | 210       | 740        | 134    |
| Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG                       | 336             | 345       | 400        | 240    |
| Gammagrafía con leucocitos marcados - <sup>99m</sup> Tc- Leucocitos                                      | 372             | 443       | 882        | 169    |
| Gammagrafía con citrato de Galio - <sup>67</sup> Ga - Citrato  | 230             | 177       | 400        | 72     |

**Tabla 8: Actividad promedio administrada por estudio en España y DDM2**

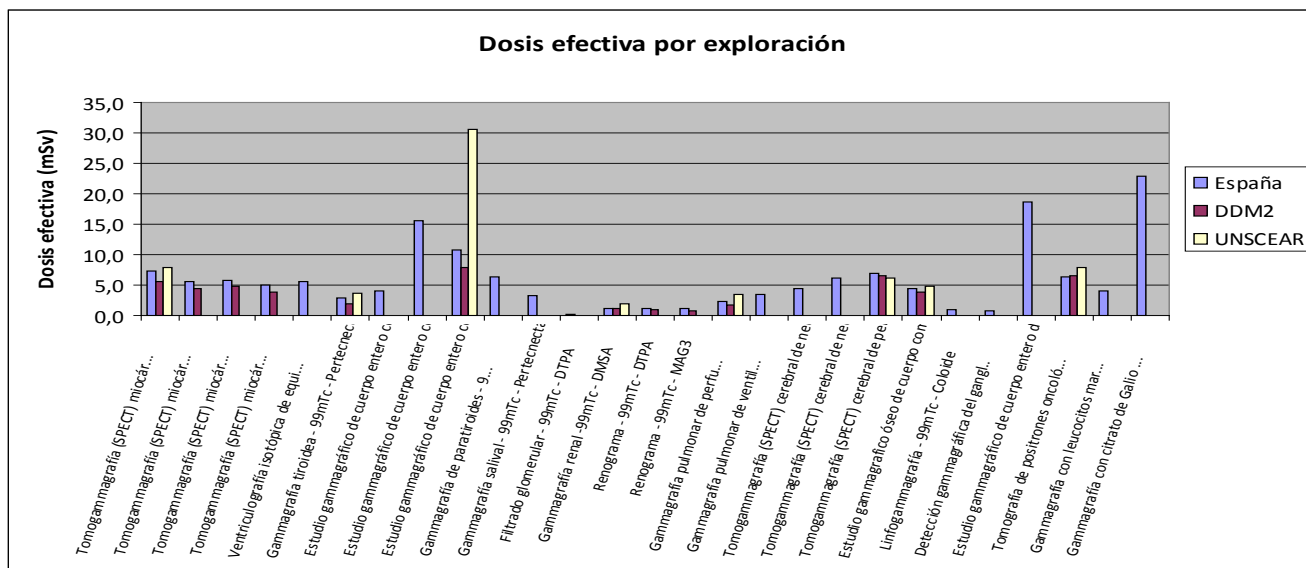
Puede observarse que, en general, los valores de actividad empleada en España, son cercanos al promedio europeo, aunque cabe decir también que en la mayoría de los casos están por encima. Además, en el caso del estudio gammagráfico óseo con <sup>99m</sup>Tc, justamente el valor de España corresponde al máximo europeo. Salvo en el caso de la gammagrafía cerebral, en todos los estudios el valor de actividad empleada está por debajo del nivel de referencia indicado en el Real Decreto 1841/1997 aunque la diferencia se explica porque los datos recogidos son de SPECT-cerebral.

A partir de los valores de actividad anteriores y de los factores de conversión de actividad a dosis efectiva, se obtienen los valores de dosis efectiva para cada tipo de estudio.

En la tabla y gráfico siguientes se muestran dichos valores y se comparan con los obtenidos en los estudios DDM2 y UNSCEAR. En el estudio UNSCEAR, algunas exploraciones aparecen agrupadas, en cuyo caso se muestra el promedio de dosis efectiva de dicha agrupación.

| Estudio   | Factor conversión (mSv/MBq) | Dosis Efectiva (mSv) |      |         |
|---|-----------------------------|----------------------|------|---------|
|   |                             | España               | DDM2 | UNSCEAR |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)              | 9,00E-03                    | 7,2                  | 5,5  | 8,0     |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview)          | 7,60E-03                    | 5,6                  | 4,5  |         |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)     | 7,90E-03                    | 5,7                  | 4,8  |         |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview) | 7,00E-03                    | 4,9                  | 3,8  |         |
| Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - RBC (hematies in vivo)                | 7,00E-03                    | 5,5                  |      |         |
| Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnectato  | 1,40E-02                    | 2,8                  | 2,0  | 3,8     |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>123</sup> I - MIBG   | 1,30E-02                    | 4,1                  |      |         |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - MIBG   | 1,40E-01                    | 15,5                 |      |         |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - Yoduro   | 6,10E-02                    | 10,9                 | 7,8  | 30,5    |
| Gammagrafía de paratiroides - <sup>99m</sup> Tc - MIBI  | 9,00E-03                    | 6,3                  |      |         |
| Gammagrafía salival - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnectato   | 1,40E-02                    | 3,3                  |      |         |
| Filtrado glomerular - <sup>99m</sup> Tc - DTPA  | 4,90E-03                    | 0,1                  |      |         |
| Gammagrafía renal - <sup>99m</sup> Tc - DMSA  | 8,80E-03                    | 1,2                  | 1,2  | 1,9     |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - DTPA  | 4,90E-03                    | 1,1                  | 0,9  |         |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - MAG3  | 7,00E-03                    | 1,1                  | 0,8  |         |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - MAA   | 1,10E-02                    | 2,3                  | 1,8  | 3,5     |
| Gammagrafía pulmonar de ventilación - <sup>99m</sup> Tc - Aerosol, Technegas                                  | 1,50E-02                    | 3,5                  |      |         |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - DaTSCAN (FP-CIT)                    | 2,40E-02                    | 4,5                  |      |         |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - IBZM (iodidebenzamidi)              | 3,40E-02                    | 6,2                  |      |         |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - HMPAO                                     | 9,30E-03                    | 6,8                  | 6,5  | 6,1     |
| Estudio gammagráfico óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                      | 5,70E-03                    | 4,4                  | 3,8  | 4,7     |
| Linfogammagrafía - <sup>99m</sup> Tc - Coloide  | 9,40E-03                    | 1,1                  |      |         |
| Detección gammagráfica del ganglio centinela - <sup>99m</sup> Tc - Coloide                                    | 9,40E-03                    | 0,9                  |      |         |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - <sup>111</sup> In- Octreotido          | 1,20E-01                    | 18,7                 |      |         |
| Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG                            | 1,90E-02                    | 6,4                  | 6,5  | 7,9     |
| Gammagrafía con leucocitos marcados - <sup>99m</sup> Tc - Leucocitos  | 1,10E-02                    | 4,1                  |      |         |
| Gammagrafía con citrato de Galio - <sup>67</sup> Ga - Citrato   | 1,00E-01                    | 23,0                 |      |         |

**Tabla 9 : Dosis efectiva por estudio en España, DDM2 y UNSCEAR**



**Figura 10: Dosis efectiva por exploración en España, DDM2 y UNSCEAR**

En general, las dosis efectivas impartidas en estudios de diagnóstico en España son superiores al promedio obtenido por DDM2, pero inferiores a las de UNSCEAR. No obstante, se deben tener en cuenta las limitaciones del estudio UNSCEAR que se comentan en el apartado 8.

### 6.3 Dosis efectiva colectiva

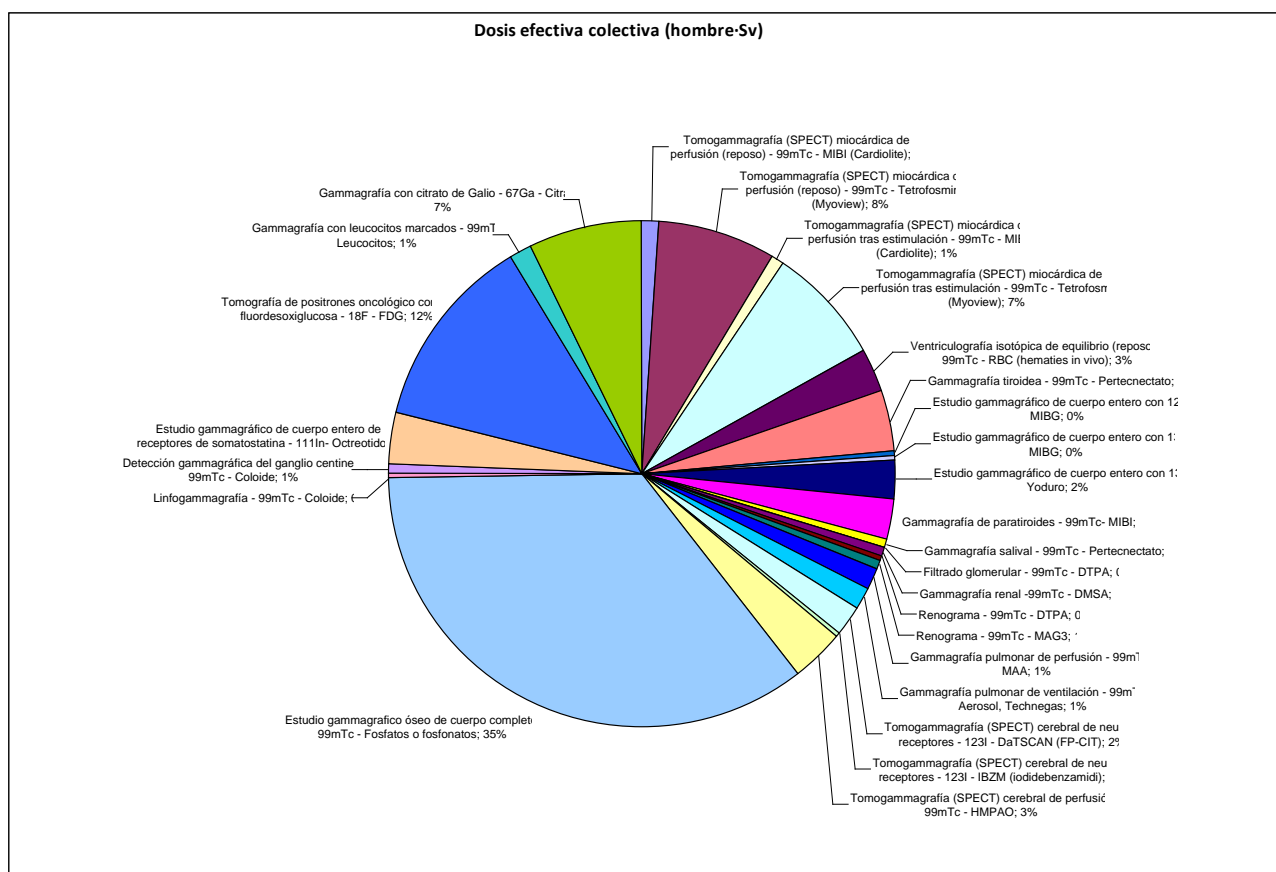
La dosis efectiva colectiva se obtiene a partir de las frecuencias de cada exploración, los datos poblacionales y la dosis efectiva. En la tabla y gráfico siguientes, se muestran los valores de dosis efectiva colectiva en España para las diferentes exploraciones del cuestionario:



| 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) - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)              | 35,97  | 765  | 7,65E-04                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrafosmin (Myoview)          | 245,89                                       | 5230   | 5,23E-03                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)     | 31,12  | 662  | 6,62E-04                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - Tetrafosmin (Myoview) | 240,63                                       | 5118   | 5,12E-03                                  |
| Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - RBC (hematíes in vivo)                | 93,69  | 1993   | 1,99E-03                                  |
| Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Per-tecnecato  | 125,99                                       | 2680   | 2,68E-03                                  |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>123</sup> I - MIBG   | 9,97   | 212  | 2,12E-04                                  |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - MIBG   | 6,58   | 140  | 1,40E-04                                  |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - Yoduro   | 80,46  | 1711   | 1,71E-03                                  |
| Gammagrafía de paratiroides - <sup>99m</sup> Tc - MIBI  | 87,79  | 1867   | 1,87E-03                                  |
| Gammagrafía salival - <sup>99m</sup> Tc - Per-tecnecato   | 15,83  | 337  | 3,37E-04                                  |
| Filtrado glomerular - <sup>99m</sup> Tc - DTPA  | 0,12   | 3  | 2,52E-06                                  |
| Gammagrafía renal - <sup>99m</sup> Tc - DMSA  | 19,14  | 407  | 4,07E-04                                  |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - DTPA  | 4,56   | 97   | 9,71E-05                                  |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - MAG3  | 18,10  | 385  | 3,85E-04                                  |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - MAA   | 44,90  | 955  | 9,55E-04                                  |
| Gammagrafía pulmonar de ventilación - <sup>99m</sup> Tc - Aerosol, Technegas                                  | 44,13  | 938  | 9,38E-04                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - DaTSCAN (FP-CIT)                    | 71,11  | 1512   | 1,51E-03                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores - <sup>123</sup> I - IBZM (iodidebenzamidi)              | 2,25   | 48   | 4,78E-05                                  |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - HMPAO                                     | 114,27                                       | 2430   | 2,43E-03                                  |
| Estudio gammagráfico óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                      | 1154,89                                      | 24562  | 2,46E-02                                  |
|   |  |  |   |

|   |        |      |          |
|---|--------|------|----------|
| Linfogammagrafía - <sup>99m</sup> Tc - Coloide  | 3,86   | 82   | 8,20E-05 |
| Detección gammagráfica del ganglio centinela - <sup>99m</sup> Tc - Coloide                          | 21,16  | 450  | 4,50E-04 |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - <sup>111</sup> In-Octreotido | 112,32 | 2389 | 2,39E-03 |
| Tomografía de positrones oncológico con fluorodesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG                 | 407,89 | 8675 | 8,67E-03 |
| Gammagrafía con leucocitos marcados - <sup>99m</sup> Tc- Leucocitos                                 | 44,00  | 936  | 9,36E-04 |
| Gammagrafía con citrato de Galio - <sup>67</sup> Ga - Citrato                                       | 236,12 | 5022 | 5,02E-03 |

**Tabla 10: Dosis efectiva colectiva por estudio en España.**



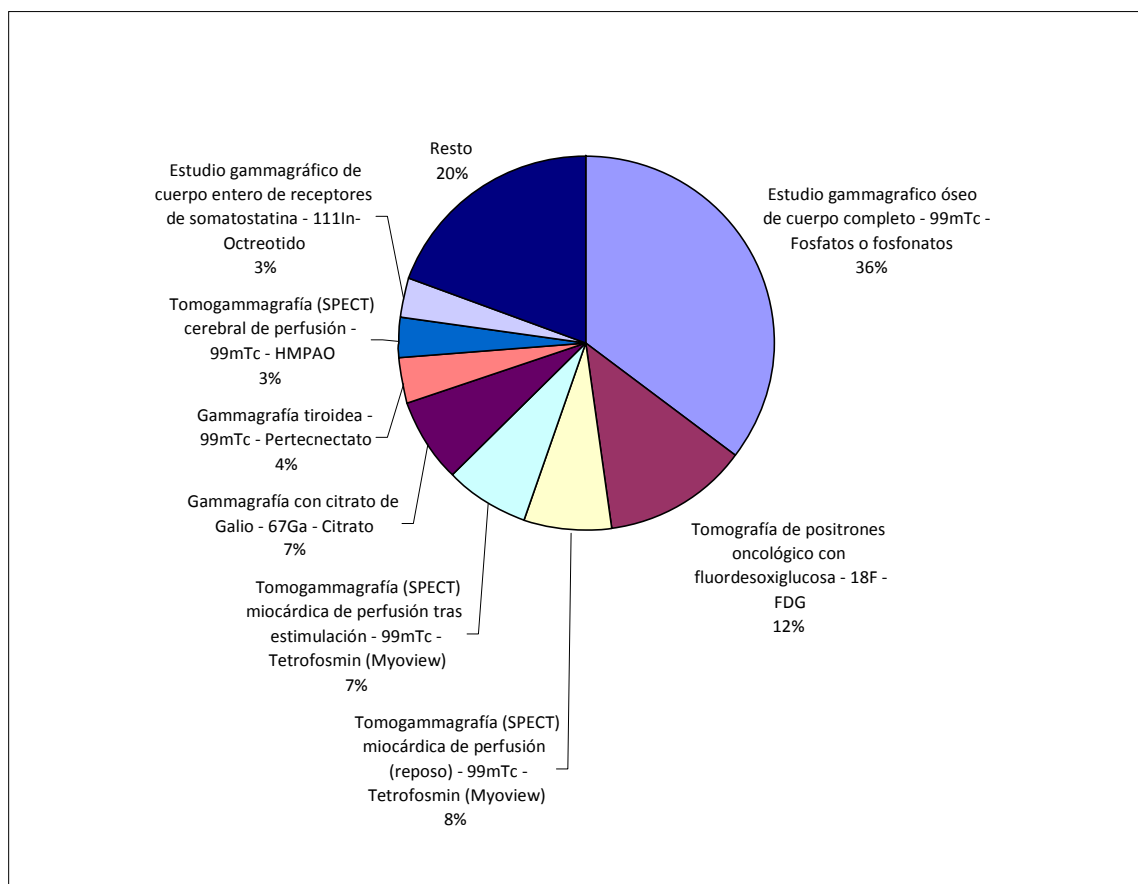
**Figura 11: Dosis efectiva colectiva por exploración en España**

Si bien los estudios de gammagrafía ósea y PET/TC oncológico no son los que implican mayor dosis efectiva para el paciente, sí que son los que tienen mayor contribución a la dosis efectiva colectiva, lo cual está relacionado con el hecho de que son los que se realizan con mayor frecuencia. Es especialmente significativo el caso de los estudios oncológicos mediante PET, puesto que sólo el 53% de los centros realizan este tipo de exploración.

Siguiendo la metodología propuesta por el estudio DDM2, se han seleccionado las exploraciones cuya contribución a la dosis efectiva colectiva es mayor. Si bien en el estudio europeo se han escogido las siete más significativas (TOP 7), en el caso español se han seleccionado 8 exploraciones, ya que los estudios de SPECT de perfusión cerebral y de somatostatina producen una dosis efectiva colectiva muy similar, y los estudios de perfusión miocárdica con tetrofosmina podrían agruparse en uno solo. Los resultados se presentan en la tabla y gráfico siguientes:

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

**Tabla 11: Dosis efectiva colectiva para los estudios del TOP 7 en España**



**Figura 12: Contribución relativa de las exploraciones más significativas en España a la dosis efectiva colectiva.**

En el gráfico anterior se muestra la contribución porcentual de cada exploración a la dosis efectiva colectiva total y la del resto de exploraciones.

En la tabla siguiente se muestran los valores de dosis efectiva colectiva total en España y se comparan con los de los estudios DDM2 y UNSCEAR:

|  | España  | DDM2   | UNSCEAR |
|--|---------|--------|---------|
| Dosis efectiva colectiva total (Sv-persona)            | 3.272,7 | 31.336 | 202.000 |
| Dosis efectiva colectiva por millón de habitantes (Sv) | 69,6    | 54,5   | 31,3    |
| Dosis efectiva colectiva per cápita (mSv)              | 0,070   | 0,055  | 0,031   |

**Tabla 12: Dosis efectiva colectiva total en España, DDM2 y UNSCEAR**

Se puede observar que las dosis efectivas colectivas promedio (por millón de habitantes y per cápita) son mayores en España que en los estudios DDM2 y UNSCEAR.

Si se agrupan los estudios de perfusión miocárdica, se pueden comparar los TOP 7 de España y del estudio DDM2, en función de su contribución a la dosis efectiva total:

**Tabla 13: Comparativa de los TOP 7 de España y DDM2**

| España  |       | DDM2  |       |
|---|-------|---|-------|
| Estudio gammagrafíco óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                            | 35,3% | Estudio gammagrafíco óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                            | 39,8% |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (estimulación y reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview) | 14,9% | Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (estimulación y reposo) - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)     | 14,1% |
| Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG (PET + TC)                       | 12,5% | Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (estimulación y reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview) | 10,7% |
| Gammagrafía con citrato de Galio - <sup>67</sup> Ga - Citrato   | 7,2%  | Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG (solo PET)                       | 8,3%  |
| Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnecato   | 3,8%  | Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa - <sup>18</sup> F - FDG (PET + TC)                       | 8,1%  |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - HMPAO   | 3,5%  | Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnecato   | 4,0%  |
| Estudio gammagrafíco de cuerpo entero de receptores de somatostatina - <sup>111</sup> In- Octreotido                | 3,4%  | Estudio gammagrafíco de cuerpo entero con <sup>131</sup> I - Yoduro   | 2,7%  |
|   |       | Gammagrafía pulmonar de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - MAA   | 1,7%  |

Se debe tener en cuenta que, en el estudio DDM2 se consideran el PET exclusivo y el PET/TC como exploraciones separadas. Una vez agrupados los SPECT miocárdicos de perfusión, se puede observar como este tipo de exploración pasa a ser más significativa que las exploraciones de PET o PET/TC. Se observan similitudes entre los TOP 7 de España y de DDM2 en relación a qué exploraciones tienen una contribución más significativa a la dosis efectiva colectiva.

Para algunas exploraciones concretas, se puede llevar a cabo una comparación de la dosis efectiva colectiva per cápita entre los resultados para España y los dos estudios europeos DDM2 y DDM1:

| Estudio   | Dosis efectiva colectiva anual per cápita (mSv) |                 |                 |
|---|---|-----------------|-----------------|
|   | España  | DDM2 (Rango)    | DDM1 (Rango)    |
| Estudio gammagrafíco óseo de cuerpo completo - <sup>99m</sup> Tc - Fosfatos o fosfonatos                      | 2,46E-2   | 1E-3 – 6,5E-2   | 8,0E-3 – 1,0E-1 |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview)          | 5,2E-3  | 7,5E-5 – 4,4E-2 | 9,0E-3 – 9,0E-2 |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - Tetrofosmin (Myoview) | 5,1E-3  | 1,2E-4 – 4,4E-2 |                 |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo) - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)              | 8,0E-4  | 5,3E-5 – 1,9E-2 |                 |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación - <sup>99m</sup> Tc - MIBI (Cardiolite)     | 7,0E-4  | 8,3E-5 – 1,5E-2 |                 |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión - <sup>99m</sup> Tc - MAA   | 1,0E-3  | 9,6E-7 – 9,0E-3 | 1,0E-3 – 6,0E-3 |
| Gammagrafía tiroidea - <sup>99m</sup> Tc - Pertecnectato  | 2,7E-3  | 2,0E-5 – 1,3E-2 | 6,0E-4 – 2,0E-2 |
| Gammagrafía renal - <sup>99m</sup> Tc - DMSA  | 4,0E-4  | 5,1E-7 – 3,0E-3 | 4,0E-4 – 2,0E-2 |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - MAG3  | 4,0E-4  | 4,0E-7 - 1,0E-3 |                 |
| Renograma - <sup>99m</sup> Tc - DTPA  | 1,0E-4  | 4,6E-7 – 2,0E-3 |                 |

**Tabla 14: Dosis efectiva colectiva anual per cápita, para cada exploración, en España, DDM2 y UNSCEAR.**

Se puede observar que en todos los casos, la dosis efectiva colectiva anual está dentro del rango de ambos estudios.

#### 6.4 Contribución de la medicina nuclear a la dosis efectiva colectiva total

En la tabla siguiente se muestra la contribución de las exploraciones diagnósticas de medicina nuclear a la dosis efectiva colectiva global por estudios de diagnóstico médico. Los resultados se muestran tanto para el caso de España como para los estudios DDM2 y UNSCEAR:

| Dosis efectiva per cápita (mSv /%) | España |       | DDM2 |       | UNSCEAR |       |
|------------------------------------|--------|-------|------|-------|---------|-------|
| Estudios de radiodiagnóstico       | 1,08   | 93,9% | 1,06 | 95,1% | 0,62    | 95,3% |
| Estudios de medicina nuclear       | 0,07   | 6,1%  | 0,06 | 4,9%  | 0,03    | 4,7%  |
| Total estudios médicos             | 1,15   |       | 1,12 |       | 0,65    |       |

## **Tabla 15: Dosis efectiva colectiva por estudios de radiodiagnóstico y medicina nuclear en España, DDM2 y UNSCEAR**

Se puede observar que la contribución de la medicina nuclear es mucho menor que la debida a estudios de radiodiagnóstico, si bien es ligeramente más alta que en los casos de los estudios DDM2 y UNSCEAR.

### **7. Incertidumbres en datos**

Las incertidumbres pueden venir de las fluctuaciones estadísticas así como de los sesgos de los datos en las estimaciones de dosis o del uso de factores de conversión de actividad a dosis.

La incertidumbre en la frecuencia de exámenes realizados puede provenir del empleo y adaptación de los códigos asociados a una determinada exploración, también de que la extrapolación que se lleva a cabo para todo el país por ejemplo si la muestra no es suficiente o la manera de extrapolar no es la adecuada

En medicina nuclear la incertidumbre asociada al número de frecuencias de exploración es mucho menor que la asociada a la realizada con rayos X ya que el número de servicios que llevan a cabo este tipo de estudios es mucho menor.

Una forma de evitar esto es que el número de hospitales y clínicas que participan sea lo suficientemente grande en nuestro estudio una respuesta de alrededor del 80% proporciona una seguridad significativa en los datos. En el proyecto DDM2 se incluye una estimación *a grosso modo* de la incertidumbre en los datos asociados a los estudios de medicina nuclear atribuyéndose un 5% para las frecuencias de exámenes, un 10% para las actividades típicas medias y un 20% para los factores de conversión de dosis. Teniendo en cuenta estos valores el proyecto estima la incertidumbre en un 5,6%.

### **8. Discusión y conclusiones**

La dosis efectiva es un valor que se emplea en protección radiológica para estimar y limitar los riesgos de la radiación en general. El valor se obtiene ponderando la exposición de determinados órganos y tejidos sensibles a la radiación y tiene en cuenta las distribuciones de edad y de sexo en poblaciones de referencia. Estos factores de riesgo de exposición de órganos y de la población se obtienen de estudios estadísticos y de modelización. Al ser una magnitud que no es medida comprende unas incertidumbres en su cálculo que algunos estiman en un 40% (12). La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (13) advierte del uso de dosis efectiva en medicina, ya que en este ámbito la distribución de la exposición a la radiación no es uniforme, y la distribución de edad y sexo en los pacientes es diferente de la de referencia aplicada para obtener esta magnitud. Es por ello que la ICRP recomienda no emplear este valor para estimar el detrimento, es decir los efectos de radiación en la población general derivadas de la exposición médica. Sin embargo, UNSCEAR (11) nos indica, por un

lado, que el concepto de dosis efectiva sólo sería aplicable a las exposiciones por diagnóstico y no por terapia, pero que es posible emplear la magnitud de dosis efectiva e incluso la dosis colectiva en los estudios médicos de diagnóstico siempre y cuando el objetivo sea comparar poblaciones semejantes, de otra forma es necesario conocer de manera precisa las dosis en órganos y las distribuciones de edad y sexo de los pacientes.

En el proyecto DDM2 se indica que solamente 7 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 recogida de datos. En cuanto a la periodicidad de realización del estudio, DDM2 recomienda recoger los datos de número de exámenes y de dosis a pacientes cada 5 años con objeto de detectar las tendencias.

Con los resultados obtenidos hasta la fecha 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, no únicamente de nuestro entorno, sino también del global europeo de países participantes en el estudio DDM2.

Respecto al análisis de los datos por exploración, las dosis efectivas impartidas en estudios de diagnóstico en España son superiores al promedio obtenido por DDM2, pero inferiores a las de UNSCEAR (11). No obstante, se debe tener en cuenta la diferencia en las metodologías empleadas por cada estudio para obtener la actividad empleada por exploración. La metodología del presente estudio coincide con la de DDM2 y se basa en solicitar mediante encuesta a los países (o centros) la actividad administrada. En cambio, en el estudio UNSCEAR (11) se considera como valor de actividad administrada la publicada, en el año 2004, por la Asociación Americana de Farmacéuticos (American Pharmacists Association) y dicho valor se aplica a todos los países participantes. Así pues, la comparación más razonable de los datos obtenidos en España debería ser con el estudio DDM2.

Si bien los resultados obtenidos por estudios concretos no son comparables individualmente, ya que existen estudios asociados a determinadas patologías, que además pueden ser dependientes de la zona geográfica, el análisis de los TOP 7 muestra que el estudio gammagráfico óseo y los estudios cardíacos, por su frecuencia, son los más significativo en todos los países de DDM2. En aquellos países en los que la tomografía por emisión de positrones está implantada, se observa que los estudios oncológicos mediante PET están entre los más significativos, como es el caso también de España.

Comparando con los datos preliminares del proyecto DOPOES que estima una dosis per cápita para radiodiagnóstico médico de  $1,08 \pm 0,23$  mSv y con valores medios procedentes de la radiación natural estimados en  $1,6$  mSv año<sup>-1</sup> (14) rango (0,6-19,1 mSv) el valor de medicina nuclear es muy inferior.

Se ha realizado un proyecto ambicioso para conocer la frecuencia y la dosis efectiva recibida por exploraciones de medicina nuclear diagnóstica en España.

Se han desarrollado herramientas que posibilitarán realizar estimaciones de dosis en los próximos años para conocer la evolución temporal de las mismas y establecer estrategias de mejora en los procedimientos con el objetivo de reducir la dosis efectiva y la dosis colectiva.



## 9. Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Foro Sanitario de Protección Radiológica que incluye las Sociedades de Protección Radiológica y Física Médica así como a la Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular. Especial mención requiere todos los servicios de medicina nuclear y protección radiológica que han participado (Anexo III) y que han respondido en una abrumadora mayoría. Así mismo agradecer a los representantes de los hospitales del grupo del trabajo que se encuentran listados en los Anexos II, 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.

## 10. Bibliografía

1. *NCRP Report No. 160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States.*2009.
2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23604741>
3. *Directiva Europea 2013/59/EURATOM sobre Normas Básicas de Seguridad para la protección contra riesgos derivados de exposiciones a radiaciones ionizantes.*
4. *Radiation Protection n° 154, titulado “European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures”.*
5. *E. Vaño, B.Tobarra, M. Bezares. Los datos de las exposiciones médicas en España para informe UNSCEAR 2000. Rev.Esp. Física Médica.*2000; número 0, volumen (1). .
6. *UNSCEAR (2000) Sources and Effects of Ionising Radiation, Vol 1: Sources, Annex D: Medical Radiation Exposures.*
7. *Real Decreto 1976/1999 de 29 diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico,*
8. *Real Decreto 1841/1997 por el que se establece los criterios de calidad en medicina nuclear.*
9. *Indicadores del Sistema Nacional de Salud*  
[http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/inclasSNS\\_DB.htm](http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/inclasSNS_DB.htm)
10. *Alonso-Farto JC, Lomeña F; Grupo de trabajo de la SEMN.Nomenclator of the Nuclear Medicine procedures. Rev Esp Med Nucl. 2007 Jan-Feb; 26(1):54-9.*
11. *UNSCEAR (2008) Sources and Effects of Ionising Radiation, Vol 1: Sources, Annex A: Medical Radiation Exposures.*
12. *C J Martin Effective dose: how should it be applied to medical exposures? Br J Radiol. 2007 Aug;80(956):639-47. Epub 2007 Jul*
13. *ICRP 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.ICRP Publication 103.*
14. *M. Garcia-Talavera, J. L. Matarranz, M. Martinez, R. Salas and L Ramos: Natural ionizing radiation exposure of the Spanish population. Radiation Protection Dosimetry (2007), Vol. 124, No. 4, pp. 353–359.*

## 11. Listado de tablas y figuras

### Tablas

- Tabla 1: Niveles de Referencia para el Diagnóstico vigentes en España.
- Tabla 2: Distribución de actividad sanitaria en España.
- Tabla 3: Frecuencia total de exploraciones en medicina nuclear en España, DDM2 (35 países) y UNSCEAR (26 países).
- Tabla 4: Frecuencias de radioisótopos en España.
- Tabla 5: Frecuencias de realización de estudios (nº de exploraciones por millón de habitantes) en España y DDM2.
- Tabla 6: Implantación de la Tomografía por Emisión de Positrones en España.
- Tabla 7: Frecuencia de realización de PET oncológica en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Tabla 8: Actividad promedio promedio administrada por estudio en España y DDM2.
- Tabla 9: Dosis efectiva por estudio en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Tabla 10: Dosis efectiva colectiva por estudio en España.
- Tabla 11: Dosis efectiva colectiva para los estudios del TOP 7 en España.
- Tabla 12: Dosis efectiva colectiva total en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Tabla 13: Comparativa de los TOP 7 de España y DDM2.
- Tabla 14: Dosis efectiva colectiva anual per cápita, para cada exploración, en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Tabla 15: Dosis efectiva colectiva por estudios de radiodiagnóstico y medicina nuclear en España, DDM2 y UNSCEAR.

### Figuras

- Figura 1: Frecuencias de radioisótopos en España.
- Figura 2: Frecuencias de realización de estudios en España y DDM2.
- Figura 3: Utilización del PET en España.
- Figura 4: Frecuencia de realización de PET oncológica en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Figura 5: Número de exploraciones, por grupos de éstas, por cada 1.000 habitantes en España (2011), DDM2 (2011, 35países), DDM1 (1998-2005, 8 países) y UNSCEAR (1997-2007, 26 países).
- Figura 6: Distribución por sexo de cada exploración en España.
- Figura 7: Distribución general por sexo en España.
- Figura 8: Frecuencias de estudios pediátricos en España.
- Figura 9: Frecuencias relativas por edades en España.
- Figura 10: Dosis efectiva por exploración en España, DDM2 y UNSCEAR.
- Figura 11: Dosis efectiva colectiva por exploración en España.
- Figura 12: Contribución relativa de las exploraciones más significativas en España a la dosis efectiva colectiva.

## Anexo I: cuestionario

Procedimientos de medicina nuclear sobre los que se piden datos de frecuencia relativos al año 2011

| Procedimiento  | Radionúclido | Forma química          |
|--|--------------|------------------------|
| <b>CARDIOLOGIA</b>   |              |                        |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo)   | Tc-99m       | Tetrofosmin (Myoview)  |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión (reposo)   | Tc-99m       | MIBI (Cardiolite)      |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación (tanto fisiológica como farmacológica) | Tc-99m       | Tetrofosmin (Myoview)  |
| Tomogammagrafía (SPECT) miocárdica de perfusión tras estimulación (tanto fisiológica como farmacológica) | Tc-99m       | MIBI (Cardiolite)      |
| Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo)  | Tc-99m       | RBC (hematies in vivo) |
| <b>ENDOCRINOLOGIA</b>  |              |                        |
| Gammagrafía tiroidea   | Tc-99m       | Pertecnectato          |
| Gammagrafía de paratiroides  | Tc-99m       | MIBI                   |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con I-123  | I-123        | MIBG                   |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con I-131  | I-131        | MIBG                   |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero con I-131  | I-131        | Yoduro                 |
| <b>GASTROENTEROLOGÍA</b>   |              |                        |
| Gammagrafía salival  | Tc-99m       | Pertecnectato          |
| <b>NEFROUROLOGIA</b>   |              |                        |
| Renograma  | Tc-99m       | MAG3                   |

|  |        |                        |
|--|--------|------------------------|
| Renograma  | Tc-99m | DTPA                   |
| Gammagrafía renal  | Tc-99m | DMSA                   |
| Filtrado glomerular  | Tc-99m | DTPA                   |
| <b>NEUMOLOGIA</b>  |        |                        |
| Gammagrafía pulmonar de perfusión                                    | Tc-99m | MAA                    |
| Gammagrafía pulmonar de ventilación                                  | Tc-99m | Aerosol, Technegas     |
| <b>NEUROLOGIA</b>  |        |                        |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores                 | I-123  | DaTSCAN (FP-CIT)       |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de neuro-receptores                 | I-123  | IBZM (iodidebenzamidi) |
| Tomogammagrafía (SPECT) cerebral de perfusión                        | Tc-99m | HMPAO                  |
| <b>OSTEOARTICULAR</b>  |        |                        |
| Estudio gammagrafíco óseo de cuerpo completo                         | Tc-99m | Fosfatos o fosfonatos  |
| <b>SISTEMA VASCULAR Y LINFATICO</b>                                  |        |                        |
| Linfogammagrafía   | Tc-99m | Coloide                |
| <b>ONCOLOGIA</b>   |        |                        |
| Detección gammagráfica del ganglio centinela                         | Tc-99m | Coloide                |
| Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina | In-111 | Octreotido             |
| Tomografía de positrones oncológico con fluordesoxiglucosa-F-18      | F-18   | FDG                    |
| <b>ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y AUTOINMUNES</b>                        |        |                        |
| Gammagrafía con leucocitos marcados                                  | Tc-99m | Leucocitos             |
| Gammagrafía con citrato de Galio-Ga-67                               | Ga-67  | Citrato                |

## **Anexo II: grupo coordinador y grupo colaborador de trabajo**

### **SEFM (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA MÉDICA)**

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. Natividad Ferrer     | H. Ramón y Cajal         |
| 2. Manuel Sánchez       | H. Clínico Santiago      |
| 3. Manuel Vilches       | H. Clínico San Cecilio   |
| 4. Luis Carlos Martínez | H. 12 de Octubre         |
| 5. Raquel Barquero      | H. Clínico de Valladolid |

### **SEPR (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA)**

- |                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| 6. Agustín Ruiz      | H. Santa Creu i Sant Pau         |
| 7. Josep Martí       | Clínica Universit ria de Navarra |
| 8. Carmen Escalada   | H .Puerta de Hierro              |
| 9. Javier Luís Simón | H. Virgen del Rocío              |
| 10. Rafael Puchal    | H.U. Bellvitge                   |
| 11. Antonio Gil      | H. Ciudad Real                   |

### **SEMNUM (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA NUCLEAR e IMAGEN MOLECULAR)**

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 12. Juan Carlos Farto | H. Gregorio Mar on  |
| 13. Angel Soriano     | H. Ciudad Real      |
| 14. Enrique Prats     | H. Clínico Zaragoza |
| 15. Francesca Pons    | H. Clínic Barcelona |

**CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR:** Subdirección de Protección radiológica operacional, áreas de Instalaciones radiactivas y exposiciones médicas (IREM) y de Servicios de protección radiológica (STPR)

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| 16. María Luisa Ramírez | IREM |
| 17. Carmen  lvarez      | IREM |
| 18. Ana Blanes          | IREM |
| 19. Asunción Díez       | IREM |
| 20. M  Dolores Rueda    | STPR |

### **Anexo III: listado de Hospitales colaboradores**

ALLIANCE MEDICAL DIAGNOSTICOS. S.L.U.  
CENEDYT (SANATORIO NTRA. SRA. DE LA SALUD)  
CENTRO ANDALUZ DE DIAGNOSTICO PET, S.A.  
CENTRO ANDALUZ DE DIAGNOSTICO PET, S.A.  
CENTRO DE DIAGNOSTICO POR LA IMAGEN, S.L.  
CENTRO DE INVESTIGACIONES MEDICO-SANITARIAS (CIMES  
CENTRO DE PATOLOGIA DE LA MAMA, S.A.  
CENTRO DE TECNOLOGIA DIAGNOSTICA, SA  
CENTRO ONCOLOGICO DE GALICIA.(J.A QUIROGA PIÑEIRO)  
CENTRO PET RECOLETAS HOSPITAL DE JOVE, S.A.  
CENTRO PET RECOLETAS LA MILAGROSA, S.L.  
CETIR CENTRE MEDIC, S.A.  
CETIR CENTROS MEDICOS  
CETIR CENTRO MEDICO, SA  
CETIR CLINICA GIRONA, S.A.  
CIUDAD SANITARIA BELLVITGE, PRINCIPES DE ESPAÑA  
CIUDAD SANITARIA Y UNIVERSITARIA VALLE DE HEBRON  
CLINICA DE MEDICINA NUCLEAR GEMINIS, SL  
CLINICA DE MEDICINA NUCLEAR GEMINIS-2, SL  
CLINICA GAMMA, SA  
CLINICA LA LUZ, S.L.  
CLINICA SAN FRANCISCO, SA  
CLINICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA  
CLINSA, S.A.  
COMPLEJO ASISTENCIAL DE LEÓN  
CONSORCIO HOSPITAL GRAL. UNIVERSITARIO DE VALENCIA  
CRC BARCELONA MEDICAL DIAGNOSTICS AND RESEARCH, S.  
CRC DIAGNOSTIC MEDIC NUCLEAR, S.L.  
DIAGNOSTICOS MEDICOS ESPECIALES (DIMEC, S.A.)

DR. PEREZ PIQUERAS (SANATORIO LA MILAGROSA)  
ELCHE CREVILLENTE SALUD, S.A. HOSPITAL VINALOPO  
FCO.PORTA BIOSCA Y GASPAR ALOMAR-DIAGNOSIS MEDICAS  
FOCUSCAN, S.L. Cl. Lopez Ibor  
FUNDACION HOSPITAL DE ALCORCON  
FUNDACION JIMENEZ DIAZ  
FUNDACION ONKOLOGIKOA FUNDAZIOA  
FUNDACION RIOJA SALUD  
GABINETE DE MEDICINA NUCLEAR  
GAMMA-SCAN, S.L.  
GRUPO HOSPITALARIO QUIRON, SA.  
HOSPITAL 9 DE OCTUBRE  
HOSPITAL BENALMADENA XANIT, S.L.  
HOSPITAL CARLOS III  
HOSPITAL CENTRAL DE LA DEFENSA "GÓMEZ ULLA"  
HOSPITAL CIVIL DE BASURTO  
HOSPITAL CLINICO SAN CARLOS  
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO "LOZANO BLESA"  
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE SANTIAGO  
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID  
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA  
HOSPITAL CLINICO Y PROVINCIAL FAC MEDICINA  
HOSPITAL COMARCAL DE LA RIBERA  
HOSPITAL DE CRUCES  
HOSPITAL DE DIA QUIRON ZARAGOZA  
HOSPITAL DE FUENLABRADA  
HOSPITAL DE MADRID NORTE SANCHINARRO  
HOSPITAL DE NAVARRA  
HOSPITAL DE SANT JOAN DE REUS  
HOSPITAL DO MEIXOEIRO  
HOSPITAL DR PESET



HOSPITAL GENERAL DE CIUDAD REAL  
HOSPITAL GENERAL GREGORIO MARAÑÓN  
HOSPITAL GENERAL YAGUE  
HOSPITAL GRAL NTRA SRA DEL MAR. CRC-MAR, SA  
HOSPITAL JUAN RAMON JIMENEZ  
HOSPITAL JUAN XXIII  
HOSPITAL LA FE  
HOSPITAL NUESTRA SEÑORA DE CANDELARIA  
HOSPITAL PUERTA DE HIERRO DE MAJADAHONDA  
HOSPITAL PUNTA DE EUROPA  
HOSPITAL QUIRON MADRID  
HOSPITAL RAMON Y CAJAL  
HOSPITAL RUBER INTERNACIONAL  
HOSPITAL SAN JAIME, S.A.  
HOSPITAL SANTA CRUZ Y SAN PABLO  
HOSPITAL STA. MARIA NAI  
HOSPITAL TRES CULTURAS  
HOSPITAL UNIVERSITARI GERMANS TRIAS I PUJOL  
HOSPITAL UNIVERSITARIO "VIRGEN MACARENA"  
HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE  
HOSPITAL UNIVERSITARIO ARNAU DE VILANOVA  
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE GETAFE  
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SALAMANCA  
HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ  
HOSPITAL UNIVERSITARIO MARQUES DE VALDECILLA  
HOSPITAL UNIVERSITARIO MATERNO INFANTIL  
HOSPITAL UNIVERSITARIO MIGUEL SERVET  
HOSPITAL UNIVERSITARIO PUERTA DEL MAR  
HOSPITAL UNIVERSITARIO REINA SOFIA  
HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JUAN  
HOSPITAL UNIVERSITARIO SANTA LUCIA

HOSPITAL UNIVERSITARIO SON ESPASES  
HOSPITAL VIRGEN DE LA ARRIXACA  
HOSPITAL VIRGEN DE LA LUZ  
HOSPITAL VIRGEN DEL MAR  
HOSPITAL VIRGEN DEL ROCIO  
IMEXPLOR, S.A. (HOSPITAL DE LEVANTE)  
INST. DIAGNOSTICO POR IMAGEN -HOSP. JOSEP TRUETA  
INST.DE DIAGNOSTICO POR LA IMAGEN-CENTRO BELLVITGE  
INSTITUTO DE CARDIOLOGIA  
INSTITUTO DE MEDICINA NUCLEAR ROTGER Y CETIR, S.L.  
INSTITUTO MEDICO POR LA IMAGEN, S.L.  
INSTITUTO TECNOLOGICO DE SERVICIOS SANITARIOS  
INSTITUTO VALENCIANO DE ONCOLOGIA  
ISODIAGNOSTICO, S.L.  
MEDICINA ASTURIANA  
MEDICINA NUCLEAR, SA-RADIOLOGIA CLINICA VIZCAYA SL  
NAVARRO IZQUIERDO, ANGEL LUIS  
NUCLEAR SUR, S.L. (HTAL INFANTA LUISA)  
POLICLINICA ANDREA REGINA  
POVISA  
QDIAGNOSTICA  
RED PET IBERIA, S.A.  
SANATORIO QUIRURGICO MODELO, S.AX  
TECNICAS DIAGNOSTICAS MEDICAS, SA -TECDIMESA-  
TECNOLOGIAS DE IMAGEN MADRILEÑAS, S.A  
UDIAT CENTRO DIAGNOSTICO, S.A.  
USP INSTITUTO DEXEUS, S.A  
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA