

# Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario / CSN





Referencia: SDB-04.02

Relación del grupo de trabajo responsable de la primera edición, 2003:

Belén Fernández  
Emilio Casal  
M<sup>a</sup> Jesús Manzanos  
Ignacio Amor  
Ana Blanes  
Gloria Martí  
M<sup>a</sup> Dolores Rueda

Actualización del documento por el CSN, 2016

Ignacio Amor  
Ana Blanes  
M<sup>a</sup> Dolores Rueda

© Consejo de Seguridad Nuclear, 2016

Edita y distribuye:  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11  
28040 Madrid  
tel.: 91 346 01 00  
Fax: 91 346 05 88  
www.csn.es

Diseño de colección:  
Juan Vidaurre

Imprime:  
Advantia, S.A.

Depósito Legal: M-3803-2016



Impreso en papel reciclado



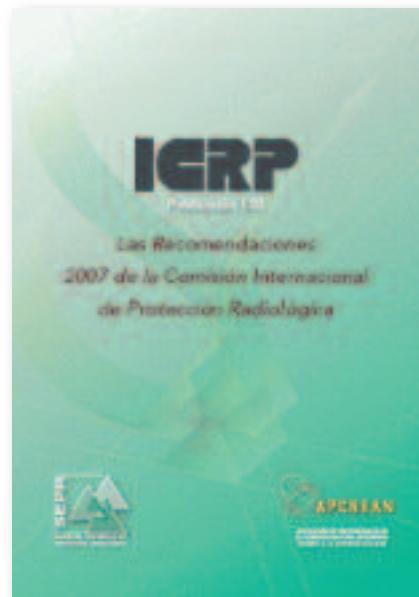
Introducción	5
Recomendaciones y normas aplicables a la exposición ocupacional de las trabajadoras expuestas gestantes	7
Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y gestación	12
Evaluación de los puestos de trabajo en el ámbito sanitario	16
Control y vigilancia dosimétrica de las trabajadoras expuestas gestantes	27
Consideraciones finales	33
Anexos	34
Bibliografía	35



## Introducción

Las mujeres embarazadas que, por razón de su actividad laboral, están expuestas a las radiaciones ionizantes, constituyen un colectivo singular desde el punto de vista de la protección radiológica ya que, con objeto de proporcionar una protección al embrión/feto semejante a la que se proporciona a los miembros del público, existe la posibilidad de tener que aplicar medidas de control adicionales a las ya establecidas.

Esta problemática es especialmente relevante en el ámbito de los usos médicos de las radiaciones ionizantes, donde el número de trabajadoras expuestas a radiaciones en edad fértil es significativo. Por ello, en el año 2003 el CSN publicó el documento “La protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario”, desarrollado en el contexto del Foro sobre Protección Radiológica en el Medio Sanitario<sup>1</sup>.



Desde la publicación de este documento, ha tenido lugar el desarrollo de nueva normativa en materia de protección radiológica tanto a nivel nacional como internacional<sup>2</sup> lo que unido a la experiencia adquirida, aconseja una actualización del texto, contemplando los siguientes aspectos:

<sup>1</sup> El Foro de Protección Radiológica en el medio sanitario está constituido por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM)

<sup>2</sup> Publicación 103 ICRP; Directiva 2013/59/EURATOM; RD 298/2009 de 6 de marzo, por el que se modifica el RD 39/1997, de 17 de enero.

- Recomendaciones y normas aplicables a la exposición ocupacional de las trabajadoras expuestas gestantes.
- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y gestación.
- Evaluación de los puestos de trabajo en el ámbito sanitario.
- Control y vigilancia dosimétrica de las trabajadoras expuestas gestantes.
- Consideraciones finales.
- Bibliografía.



## Recomendaciones y normas aplicables a la exposición ocupacional de las trabajadoras expuestas gestantes

### 1. Real Decreto 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

En este Reglamento se hace alusión a la trabajadora expuesta gestante en los siguientes artículos:

**Artículo 10**, “Protección especial durante el embarazo y la lactancia”. Establece que:

*Tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, la protección del feto deberá ser comparable a la de los miembros del público. Por ello, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente al feto sea tan*

*baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo.*

*Desde el momento en que una mujer, que se encuentre en período de lactancia, informe de su estado al titular de la práctica, no se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación radiactiva. En tales supuestos deberá asegurarse una vigilancia adecuada de la posible contaminación radiactiva de su organismo.*

**Artículo 21**, “Información y formación”. Establece que:

*El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa deberá informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes, sobre: .....*

*En el caso de mujeres, la necesidad de efectuar rápidamente la declaración de embarazo y notificación de lactancia, habida cuenta de los riesgos de exposición para el feto, así como el riesgo de contaminación del lactante en caso de contaminación radiactiva corporal.*

**2. Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.**

De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto, artículo 4º y anexo VIII:

*...las trabajadoras gestantes no pueden realizar actividades laborales que supongan riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes cuando ello pueda poner en peligro su seguridad, su salud o la del feto, de acuerdo con las conclusiones obtenidas en la evaluación de riesgos.*

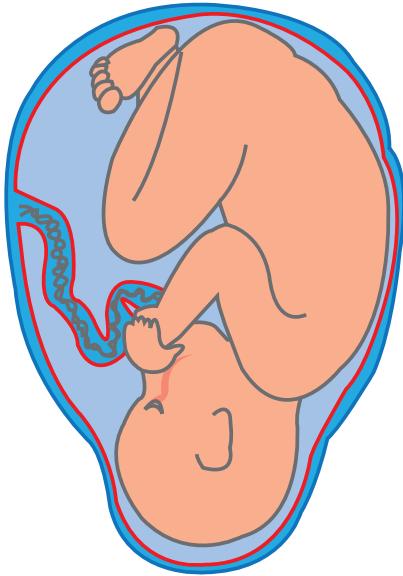
En consecuencia, la condición de embarazo de una trabajadora expuesta a radiaciones ionizantes no presupone obligatoriamente la separación del puesto de trabajo, haciendo necesaria la evaluación de las condiciones del mismo y de los riesgos a los que está expuesta para cumplir con los requisitos legales vigentes.

Para llevar a cabo dicha evaluación, deberá existir una coordinación total entre el servicio de prevención de riesgos laborales, el director o supervisor de la instalación y el responsable de protección radiológica.

La retirada de la trabajadora gestante de ese puesto de trabajo únicamente se debería contemplar cuando de dicha evaluación se desprenda que tal actividad laboral puede implicar un peligro para la seguridad o salud de la trabajadora, o la del feto.

**Precisamente uno de los objetivos que se persiguen con la presente publicación es que los responsables de riesgos laborales en el ámbito sanitario dispongan de la información y de los criterios necesarios para poder realizar las evaluaciones mencionadas.**

### 3. Publicación 103 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)



En las Recomendaciones del año 1990, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) concluyó que con el propósito de controlar la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes, no existía razón alguna para distinguir entre hombres y mujeres.

De acuerdo a las recomendaciones de ICRP, en términos de protección radiológica, no existe razón alguna para distinguir entre hombres y

mujeres, sin embargo, si una trabajadora ha notificado al titular de su instalación que está embarazada, deben realizarse controles adicionales para proteger al embrión o feto, y estos métodos de protección para mujeres embarazadas en el trabajo deberían proporcionar una protección al embrión/feto semejante a la que se proporciona a los miembros del público.

De hecho, una vez que el titular ha sido informado de un embarazo, debería considerar una protección adicional al embrión/feto, y las condiciones de trabajo de una trabajadora embarazada, después de la notificación del embarazo, deberían ser las adecuadas para garantizar que la dosis suplementaria al embrión/feto no exceda alrededor de 1 mSv durante el resto de la gestación.

En su publicación nº 75, ICRP aclara que ese valor de 1 mSv no debe ser considerado como un límite reglamentario estrictamente hablando sino que, lo que se trata de conseguir, es que una vez que la trabajadora ha notificado el embarazo, sus condiciones de trabajo sean tales que sea improbable que el feto pueda recibir una dosis superior a 1 mSv durante el resto de la gestación.

En este contexto, el hecho de que una trabajadora expuesta a radiaciones ionizantes se quede embarazada no significa que sea necesario que las mujeres gestantes se abstengan completamente de trabajar en presencia de radiaciones ionizantes, o que se deba impedir que entren o trabajen en zonas controladas o vigiladas. Significa, sin embargo, que el titular debería revisar cuidadosamente las condiciones de exposición de las mujeres embarazadas. En particular, si es necesario, deben cambiarse sus condiciones de trabajo de modo que, durante la gestación, la probabilidad de exposición e incorporación de radionucleidos accidental sea extremadamente baja.

La Comisión pone especial énfasis en recomendar que, a fin de proteger al embrión/feto o al niño recién nacido, las mujeres que han comunicado que están embarazadas o están en periodo de lactancia no deberían estar involucradas en operaciones de emergencia que impliquen dosis de radiación altas.

En definitiva, con este planteamiento, ICRP no sólo trata de asegurar una adecuada protección al feto, sino que también trata de prevenir y evitar elementos de discriminación laboral para las trabajadoras expuestas a radiaciones ionizantes en edad fértil.

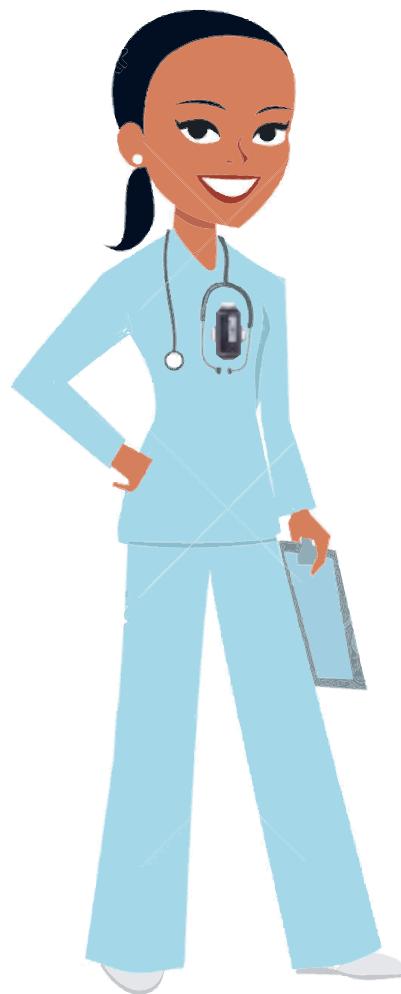
#### **4. DIRECTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSEJO de 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.**

En línea con las recomendaciones de ICRP, la Directiva, en su Artículo 10, Protección de trabajadoras embarazadas o en período de lactancia, establece que:

*Los Estados miembros garantizarán que la protección del feto sea comparable a la proporcionada a miembros de la población. Tan pronto como una trabajadora embarazada informe de su embarazo al titular de la actividad, de conformidad con la legislación nacional, el titular garantizará unas condiciones de trabajo de la trabajadora embarazada tales que la dosis equivalente para el feto sea tan baja como sea razonablemente posible y que sea improbable que dicha dosis supere 1 mSv al menos durante el resto del embarazo.*

*Tan pronto como una trabajadora informe al titular de la actividad de que está en período de lactancia, esa trabajadora no será empleada en un trabajo que conlleve un riesgo significativo de incorporación de radionucleidos o de contaminación corporal.*

Estas disposiciones de la Directiva se deberán trasponer a cada una de las legislaciones nacionales a más tardar el 6 de febrero de 2018, no obstante, están acorde con la legislación española actualmente vigente, y se recogen en el artículo 10 del Real Decreto 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.



## Efectos Biológicos de las radiaciones ionizantes y gestación

En relación con los efectos derivados de una exposición prenatal a las radiaciones ionizantes y tras analizar todas las evidencias científicas y radiobiológicas aportadas por el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR), en las recomendaciones básicas de ICRP-103 se concluye lo siguiente:

**a) Respecto a los riesgos de lesión tisular y malformación in útero (efectos deterministas) a dosis por debajo de 100 mGy de radiación de baja LET<sup>3</sup>, los nuevos datos confirman que:**

- La susceptibilidad embrionaria a efectos letales de la irradiación en el período de preimplantación del desarrollo embrionario, a dosis por debajo de 100 mGy, será muy baja.

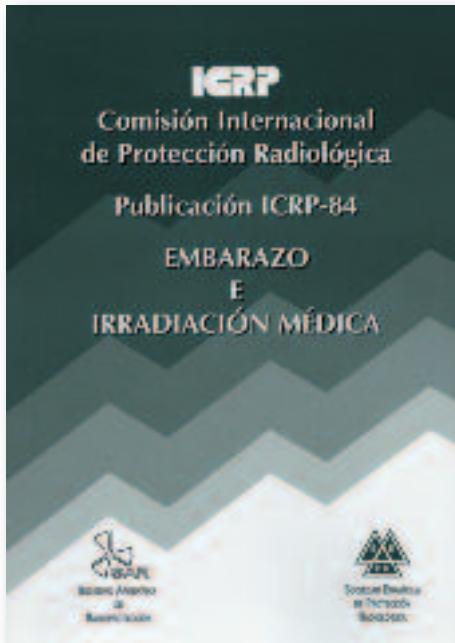
- Respecto de la inducción de malformaciones, datos más recientes fortalecen la opinión de que existen patrones de radiosensibilidad in útero dependientes de la edad gestacional, expresándose la máxima sensibilidad durante el período de mayor organogénesis. En base a los datos con animales, se estima que hay una verdadera dosis umbral alrededor de 100 mGy para la inducción de malformaciones; por consiguiente, para fines prácticos, la Comisión considera que no se esperan riesgos de malformación después de la exposición in útero a dosis por debajo de 100 mGy.

- En cuanto a la inducción de daño cognitivo severo después de la irradiación en el período prenatal más sensible (8-15 semanas después de la concepción), los datos apoyan la existencia de un umbral de dosis de al menos 300 mGy para este efecto y, por consiguiente, la ausencia de riesgo a los niveles de dosis habituales en el ámbito de la protección radiológica, que para la exposición ocupacional están, en término medio, alrededor de 1 mGy por año.

<sup>3</sup> LET: en sus siglas inglesas, Linear Energy Transfer (Transferencia lineal de energía). Las radiaciones de baja LET son los fotones (Rayos X y Gamma) y producen una baja densidad de ionizaciones (ionizaciones por unidad de distancia recorrida).

- Los datos asociados con la pérdida del cociente intelectual (IQ) estimados en alrededor de 25 puntos por Gy son más difíciles de interpretar y no puede excluirse la posibilidad de una dosis-respuesta sin umbral. Sin embargo, incluso en ausencia de un verdadero umbral de dosis, cualquier efecto en el IQ a consecuencia de una dosis in útero por debajo 100 mGy, no tendrá relevancia alguna a efectos prácticos.

**b) Respecto al riesgo de inducción de cáncer como resultado de la irradiación in útero**, hay datos disponibles relacionados principalmente con irradiaciones de pacientes, pero las incertidumbres a ellos asociadas son importantes. Ante esta realidad, en una posición prudente, ICRP asume que el riesgo de cáncer (a lo largo de la vida) tras una exposición prenatal es similar al riesgo tras una irradiación en la infancia temprana.



En la publicación nº 84 de ICRP se analiza en detalle cómo afecta el valor de la dosis resultante de una exposición prenatal en la probabilidad de tener un hijo sano, es decir, sin que padezca malformaciones y sin que desarrolle cáncer desde su nacimiento hasta los 19 años, tal y como se presenta en la tabla adjunta:

Como se puede comprobar, en relación con la probabilidad de malformaciones, el riesgo 0 para el feto no existe (haya o no haya exposición a la radiación ionizante). Para dosis entre 0 y 100 mGy, no existe un incremento de riesgo o un aumento de la probabilidad de incidencia de malformaciones en el recién nacido. Dicho en otras palabras: no se modifica la estadística general de afectación por cualquier causa (incluyendo la espontánea).

Probabilidad de tener un hijo sano en función de la dosis de radiación

Dosis absorbida por el embrión/feto (mGy)	Probabilidad de que el niño NO tenga malformaciones (%)	Probabilidad de que el niño NO desarrolle cáncer entre los 0 y 19 años (%)
0	97	99.7
0.5	97	99.7
1	97	99.7
2.5	97	99.7
5	97	99.7
10	97	99.6
50	97	99.4
100	próximo a 97	99.1

Para dosis en torno a 100 mGy, el incremento de probabilidad de incidencia de cáncer durante la infancia, es del 0,6%, lo que correspondería a 1 muerte por cáncer de cada 1.700 niños expuestos en útero a una dosis de 10 mGy. Es decir, 1 niño de 0 a 15 años de cada 1.700 niños que reciben una dosis de 10 mSv podría morir de cáncer. Por lo tanto y teniendo en cuenta este tipo de consideración, para 1 mSv la incidencia de cáncer es despreciable.

Según la publicación 84 de ICRP el riesgo existente en la población gestante no expuesta a radiación es el siguiente:

Riesgo en la población **gestante no expuesta** a la radiación:

Aborto espontáneo	> 15%
Incidencia de anomalías genéticas	4-10%
Retardo de crecimiento intrauterino	4%
Incidencia de malformaciones mayores	2-4%

En la población infantil, la incidencia natural de cáncer es muy baja ( 2-3/1000), es decir, 2 a 3 niños de 0 a 15 años de cada 1000 niños no expuestos a otro tipo de radiación que la debida al fondo natural, puede morir de cáncer. (ICRP 84)

Como conclusión de lo anterior se puede afirmar que:

- En la trabajadora expuesta gestante no existe un mayor riesgo de malformación o de cualquier tipo de efecto determinista para el feto a causa de las dosis de radiación recibidas durante su trabajo habitual.
- La incidencia de cáncer infantil debido a la exposición a esos niveles de dosis (1 mSv) es despreciable y muchísimo menor que la incidencia natural del mismo.



## Evaluación de los puestos de trabajo en el ámbito sanitario

Los elementos necesarios para poder desarrollar un programa aceptable de evaluación y control de las dosis de radiación que pueda recibir el embrión/feto de una trabajadora expuesta gestante son:

1. Notificación formal y voluntaria del embarazo incluyendo la fecha estimada de la concepción.
2. Evaluación de las condiciones en las que se desarrolla el trabajo de la profesional expuesta gestante.
3. Medidas que deben adoptarse. Asignación del puesto de trabajo.

### 1 Notificación formal y voluntaria del embarazo incluyendo la fecha estimada de la concepción

La comunicación de embarazo por parte de la trabajadora expuesta gestante es responsabilidad exclusiva de ésta; por tanto la responsabilidad de la protección del feto recae inicialmente

en la propia mujer embarazada. Sólo a partir del momento de la notificación formal del embarazo la responsabilidad pasa a ser compartida con el titular de la práctica.

Una vez que el embarazo haya sido comunicado, es responsabilidad del titular asegurarse de que las condiciones de trabajo sean tales que se dé cumplimiento al límite de dosis establecido en la legislación. Además, el titular debe procurar que la trabajadora esté totalmente informada de los posibles riesgos que pueden existir en su puesto de trabajo, de las medidas de protección y de los límites de dosis que se le van a aplicar, proporcionándole en todo momento asesoramiento y asistencia.

Los derechos y privacidad de la trabajadora deberán ser mantenidos antes, durante y después de la notificación de embarazo.

A continuación se presenta un modelo de ficha que recoge los datos que se deberían incluir en esta situación:

## Notificación de embarazo

---

Declaro voluntariamente que estoy embarazada con el fin de asegurar que, en el desempeño de mi trabajo, se apliquen las medidas de protección establecidas en la legislación vigente.

Nombre y apellidos .....

DNI .....

Puesto de trabajo .....

Fecha estimada de la concepción .....

Fecha de notificación .....

Firma de la trabajadora (Recibí la información específica)

Firma del responsable de Protección Radiológica de la instalación

Firma del médico responsable de Prevención de Riesgos Laborales

## 2. Evaluación de las condiciones en las que se desarrolla el trabajo de la profesional expuesta gestante

A continuación se revisan las diferentes situaciones ocupacionales que se pueden contemplar en las instalaciones de Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear, Laboratorios y Radioterapia, indicando en cada caso las recomendaciones aplicables.

Se ha considerado una clasificación especial, que se define a continuación, habida cuenta de que en cada instalación se pueden dar circunstancias que deben ser valoradas individualmente:

### 2.1. Situaciones especiales (NO DEBERÍA)

En esta clasificación se consideran **situaciones especiales**, aquellas situaciones en las que **NO SE DEBERÍA** trabajar pero que, con el objetivo de no introducir elementos de discriminación laboral para las mujeres gestantes, con carácter excepcional, **PODRÍA PERMITIRSE** el desarrollo del trabajo *siempre que la trabajadora gestante manifieste, de forma expresa, su voluntad de continuar en esa actividad laboral y siempre que el trabajo se realice en condiciones que aseguren el cumplimiento de la legislación*

*vigente. Para ello, dichas condiciones deberán ser establecidas, y justificadas de forma documental, por un **Servicio de Protección Radiológica** que, asimismo, supervisará el cumplimiento de las mismas.*

Las situaciones especiales consideradas en el ámbito sanitario se resumen en el Anexo **A** y se detallan a lo largo del documento.

### 2.2. Situaciones excluyentes (NO DEBERÁ)

Son aquellas situaciones en las que por la condición de embarazo, la trabajadora **NO PODRÁ** desarrollar su trabajo habitual.

Las situaciones excluyentes consideradas en el ámbito sanitario se resumen en el Anexo **B** y se detallan a lo largo del documento.

### 2.3. Puestos de trabajo:

#### 2.3.1. Instalación de Radiodiagnóstico médico

El riesgo radiológico asociado a una instalación de radiodiagnóstico es de irradiación externa.

Como regla general, la trabajadora expuesta gestante puede seguir desarrollando su actividad en las instalaciones de radiodiagnóstico, en aquellos casos en los que existan barreras

estructurales de protección, ya que es muy improbable que en tales circunstancias las condiciones de trabajo sean tales que la dosis equivalente a la superficie del abdomen exceda de 1 mSv hasta el final de la gestación.

No obstante, la trabajadora expuesta gestante, **NO DEBERÍA**<sup>4</sup> trabajar en aquellas situaciones en las que no existan barreras estructurales que puedan protegerla, aunque en determinados casos se podría permitir adoptando medidas específicas de control y protección radiológica.

Por el contrario, la trabajadora expuesta gestante, **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

Las medidas de protección que, en general, deben adoptarse en este tipo de instalación son:

- Llevar siempre puesto el dosímetro sobre el abdomen, además de su dosímetro habitual, si dispone de vigilancia dosimétrica individual.
- Permanecer detrás de las barreras de protección (estructurales o mamparas).
- Efectuar el disparo a la máxima distancia posible.

- No permanecer en la sala mientras se realiza una exploración, a menos que sea imprescindible, en cuyo caso se deberá permanecer a la máxima distancia posible y utilizar un delantal plomado.

A continuación se enumeran los diferentes procedimientos diagnósticos/terapéuticos que se pueden presentar en una instalación de radiodiagnóstico médico y se valora el riesgo asociado:



<sup>4</sup> Ver apartado 2.1.

<sup>5</sup> Ver apartado 2.2.

**a. Salas con equipos de radiodiagnóstico general y dental no intraoral (con barrera estructural).**

En estos casos, la probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

**b. Equipos de mamografía.**

En estos casos, la probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual, siempre que se permanezca detrás de una barrera estructural.

**c. Sala de Tomografía computarizada (CT)**

En estos casos, la probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

**d. Equipos de radiodiagnóstico dental intraoral y podológico**

Con este tipo de equipos, la probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual, siempre que las exposiciones radiográficas se efectúen a una distancia mínima de 2 metros del tubo emisor de Rayos X.



#### e. Equipos de densitometría ósea

La probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

#### f. Equipos de Rayos X móviles de grafía

Aunque las técnicas radiográficas que se emplean en un equipo portátil no son muy elevadas, al no existir barreras estructurales, la trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÍA**<sup>4</sup> realizar exploraciones con este tipo de equipos.

#### g. Equipos quirúrgicos de escopia

Estos equipos son los utilizados en los quirófanos. Dado que pueden utilizarse sin la posibilidad de barreras estructurales y junto a la mesa (a pie de tubo), la trabajadora gestante **NO DEBERÍA**<sup>5</sup> trabajar en los mismos.

#### h. Radiología intervencionista

En este tipo de salas y procedimientos, se registran las dosis más altas debidas a la exposición a rayos X, de hecho, estas zonas,

cuando el equipo está en uso, están clasificadas como controladas de permanencia limitada. Por lo tanto, la trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÍA**<sup>4</sup> trabajar en el interior de dichas salas, pudiéndolo hacer en los puestos de control, los cuales son zonas vigiladas.



### 2.3.2. Instalación de Medicina Nuclear

En las instalaciones de medicina nuclear, al riesgo de exposición externa, se une el de contaminación.

En general, es necesario evitar que las trabajadoras expuestas gestantes desarrollen su actividad laboral en zonas en las que exista riesgo significativo de incorporación de radionucleidos o contaminación corporal. En todo caso, habrá que prestar especial atención a garantizar que las condiciones de trabajo aseguren que la probabilidad de incorporación de material radiactivo por la trabajadora gestante sea prácticamente nula.

Las medidas de protección radiológica que deben adoptarse serán las siguientes:

- Llevar siempre puesto el dosímetro sobre el abdomen, además de su dosímetro habitual, si dispone de vigilancia dosimétrica individual.
- Utilizar blindaje y delantal plomado en casos de manipulación de radiofármacos.
- Permanecer a la máxima distancia posible de los pacientes inyectados o de las fuentes de radiación y durante el menor tiempo posible, y utilizar delantal plomado.



- Utilizar guantes desechables.
- Utilizar ropa específica para el trabajo.
- Mantener una adecuada ventilación de la sala.
- Monitorear manos y ropas antes de salir de la instalación.
- No usar cosméticos, ni fumar ni ingerir o beber alimentos en zonas de posible contaminación.

La trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

A continuación se valora la conveniencia de permanecer en el puesto de trabajo en función de que se trate de una instalación de medicina nuclear convencional o de medicina nuclear con equipos PET-CT:

#### **a. Instalaciones de MN convencional (Gammacámara)**

En estas instalaciones la trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÍA**<sup>4</sup> permanecer en las salas de adquisición de imágenes, aunque, en determinadas situaciones y adoptando las adecuadas medidas adicionales de control y protección se podrá admitir la presencia en las mismas.

Por el contrario, **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> realizar tareas que impliquen la manipulación de radiofármacos en cámara caliente y área de administración de dosis. Tampoco **DEBERÁ**<sup>5</sup> permanecer en salas de espera de pacientes inyectados ni participará en el cuidado de pacientes sometidos a terapia metabólica.

En algunas instalaciones de Medicina Nuclear existen equipos de densitometría ósea que incorporan una fuente radiactiva encapsulada. En estos casos, el trabajo se realiza en una zona vigilada, lo que quiere decir que la probabilidad de que en la super-

ficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

#### **b. Instalaciones con equipos de tomografía por emisión de positrones (PET/ PET-CT)**

La trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en las actividades de manipulación de radiofármacos, ni en la inyección de los mismos, ni en la preparación y cuidado de los pacientes una vez que éstos estén inyectados.

##### **2.3.3. Laboratorios de análisis clínicos con fuentes no encapsuladas**

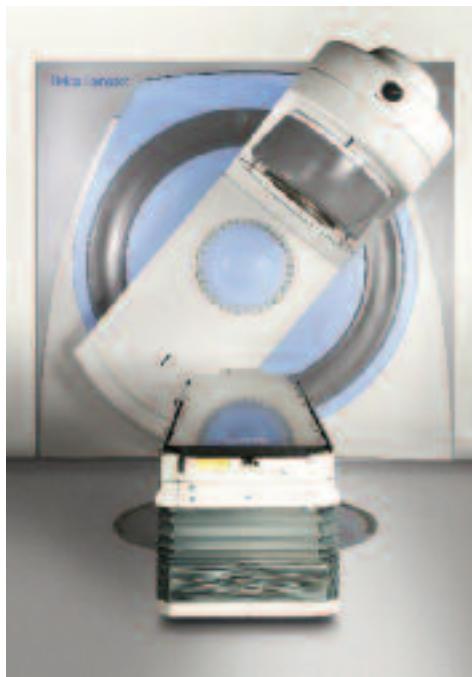
En este tipo de instalaciones radiactivas, el riesgo es de contaminación interna y externa, si bien, este riesgo es mínimo si se trabaja con “kits” de radiofármacos ya listos para su utilización.

En estos casos, la probabilidad de que en la superficie del abdomen de la trabajadora gestante se reciba una dosis superior a 1 mSv hasta el final de la gestación, es muy baja, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

No obstante, debido al riesgo existente de contaminación (aunque sea bajo) se tendrán en cuenta las siguientes medidas de protección radiológica adicional:

- Llevar siempre puesto el dosímetro sobre el abdomen además de su dosímetro habitual, si dispone de vigilancia dosimétrica individual.
- Utilizar guantes desechables.
- Utilizar ropa específica para el trabajo.
- Realizar chequeos diarios de contaminación externa para verificar que esta no existe (y que por tanto no se puede resuspender).
- Monitorear manos y ropas antes de salir de la instalación.
- No usar cosméticos, ni fumar ni ingerir alimentos o beber en el laboratorio.
- Utilizar un blindaje de metacrilato o plástico similar (mínimo 1cm) si se trabaja con P-32 o S-35.

La trabajadora expuesta gestante NO DEBERÁ<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.



#### 2.3.4. Instalación de Radioterapia

En las instalaciones de Radioterapia se llevan a cabo procedimientos terapéuticos mediante técnicas de teleterapia con aceleradores lineales y de braquiterapia con fuentes radiactivas encapsuladas.

En general, el riesgo existente es de exposición externa y por tanto las medidas de protección que deben adoptarse son las siguientes:

- Llevar siempre puesto el dosímetro sobre el abdomen además de su dosímetro habitual si dispone de vigilancia dosimétrica individual.
- Permanecer detrás de las barreras estructurales de protección.
- Permanecer a la máxima distancia posible de las fuentes de radiación o de los pacientes con fuentes incorporadas y durante el menor tiempo posible, y utilizar delantal plomado.

Seguidamente se exponen los diferentes procedimientos terapéuticos que pueden llevarse a cabo en una instalación de radioterapia.

#### **a. Teleterapia. Acelerador Lineal**

Dadas las características de funcionamiento de este tipo de equipos, es muy improbable que por las condiciones de trabajo, la dosis equivalente en la superficie del abdomen exceda de 1 mSv, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

La trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### **b. Braquiterapia de carga diferida automática**

Dadas las condiciones de funcionamiento de este tipo de equipos, es muy improbable que

por las condiciones de trabajo, la dosis equivalente en la superficie del abdomen exceda de 1 mSv, por lo que la trabajadora podría seguir desarrollando su trabajo habitual.

La trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### **c. Braquiterapia manual**

Una trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en la manipulación de fuentes para las técnicas de braquiterapia manual. Asimismo tampoco **DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en tareas relacionadas con el cuidado de pacientes.

La trabajadora expuesta gestante **NO DEBERÁ**<sup>5</sup> participar en exposiciones especialmente autorizadas y situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### **3. Medidas que deben adoptarse. Asignación del puesto de trabajo.**

Una vez realizada la notificación de embarazo y valorado el puesto de trabajo en relación con el riesgo asociado al mismo, a la vista de las condiciones en las que se desarrolla la actividad laboral y teniendo en cuenta el historial dosimétrico de los últimos meses, o bien el de otros tra-

bajadores expuestos que realicen una actividad similar, se deberá hacer una estimación de la dosis que pueda recibir la trabajadora expuesta gestante en la superficie del abdomen, hasta el final de la gestación, pudiéndose plantear las siguientes situaciones:

- a) Que no sea necesario realizar ningún cambio en las condiciones de trabajo.
- b) Que la trabajadora pueda continuar con su trabajo habitual, pero se deban tomar ciertas precauciones o medidas de protección adicionales.

c) Que la trabajadora deba ser trasladada a otro puesto de trabajo donde se garantice que las condiciones de trabajo sean las adecuadas en su caso.

Deberá existir una coordinación total entre el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales correspondiente, el Servicio de Protección Radiológica y el supervisor o persona a la que se le encomiende las funciones de protección radiológica, en cuanto a la evaluación de las condiciones del trabajo a desempeñar por la trabajadora expuesta gestante y toma posterior de decisiones.

## Control y vigilancia dosimétrica de las trabajadoras expuestas gestantes

Como ya se ha indicado, tanto la normativa española como las normas y recomendaciones internacionales en protección radiológica exigen que al feto se le asegure un nivel de protección similar a la que se proporciona a los miembros del público. A efectos prácticos esto implica que las condiciones del trabajo de las mujeres gestantes deben ser tales que hagan improbable que la dosis recibida por el feto exceda de 1 mSv desde, al menos, el momento en que la trabajadora notifica su embarazo al titular de la instalación.

A la dosis recibida por el feto pueden contribuir tanto los campos de radiación externa a los que, en mayor o menor grado, están expuestas todas las trabajadoras gestantes, como las dosis internas resultantes de la incorporación de radionucleidos al organismo de aquellas trabajadoras gestantes que desarrollan su actividad laboral en zonas en las que pudiera existir riesgo de contaminación radiactiva.

Ambas contribuciones deben ser adecuadamente vigiladas y valoradas para asegurar que la

suma de las dosis resultantes de ambas vías de exposición no excede el valor de 1 mSv (desde el momento de la notificación del embarazo).

### a) Vigilancia de las dosis resultantes de la irradiación externa.

Cuando los campos de radiación externa a los que está expuesta la trabajadora gestante son homogéneos e isótropos<sup>6</sup>, el mismo dosímetro que se utiliza para controlar las dosis recibidas por las trabajadoras expuestas, y que se coloca a la altura del pecho, podría utilizarse también para vigilar y controlar la dosis recibida por el feto.

Sin embargo, a la vista de las inevitables incertidumbres en cuanto a la homogeneidad de los campos de radiación a los que puedan quedar sometidas las trabajadoras gestantes, el CSN considera necesario que a las trabajadoras gestantes se les dote de un dosímetro específico, colocado en el abdomen, para vigilar y controlar las dosis recibidas por el feto.

Por tanto,

– Cuando una trabajadora gestante (de categoría A o B) está sometida a vigilancia dosimétrica individual, una vez notificado el embarazo al titular de la instalación, éste le

<sup>6</sup> Dícese de los cuerpos cuyas propiedades físicas son idénticas en todas las direcciones.

tiene que asignar un segundo dosímetro personal, que se deberá colocar en el abdomen.

– Cuando una trabajadora gestante (de categoría B) está sometida a vigilancia dosimétrica de área, una vez notificado el embarazo al titular de la instalación, este le tiene que asignar un dosímetro personal, que se deberá colocar en el abdomen.

En caso de que, en el transcurso de su actividad laboral, la trabajadora gestante tuviera que utilizar un delantal plomado, el dosímetro de abdomen deberá colocarse siempre por debajo de dicho delantal.

Es importante tener en cuenta que cuando se soliciten estos dosímetros adicionales al servicio de dosimetría personal que se tenga contratado, se tiene que hacer hincapié en que el dosímetro que se solicita no es de los habituales (corporales) sino específico para el abdomen de una trabajadora gestante. Es primordial que los servicios de dosimetría dispongan de esta información puesto que las lecturas obtenidas en los dosímetros de abdomen se gestionan y registran, por dichos servicios, de modo diferente a lo que lo hacen en el caso de los dosímetros corporales.

Hay que señalar que la dosis registrada en un dosímetro de abdomen no es directamente comparable con la dosis recibida por el feto. De acuerdo con lo indicado en la publicación ICRP-84, el dosímetro personal utilizado por las trabajadoras gestantes puede sobreestimar la dosis fetal hasta en un factor 10 (o más) en el ámbito del radiodiagnóstico, o hasta en un factor 4 en el ámbito de la medicina nuclear o de la radioterapia.



En base a lo que se establecía en las recomendaciones básicas de ICRP-60<sup>7</sup> y, desde el punto de vista de la gestión de las lecturas dosimétricas, el CSN ha adoptado<sup>8</sup> un valor de 2 para la relación entre la dosis al abdomen y la dosis fetal o, en otras palabras, que una dosis de 2 mSv en el dosímetro de abdomen equivale a una dosis fetal de 1 mSv. Siguiendo este criterio, el CSN ha requerido a los servicios de dosimetría personal que, a efectos prácticos, computen como superación del límite de dosis aquellos casos en que, como resultado de una única lectura, o por acumulación de lecturas, la dosis en el dosímetro de abdomen excede el valor de 2 mSv.

Sin embargo, a la vista de lo que se indicaba en ICRP-84, el hecho de que en un dosímetro de abdomen se exceda el valor de 2 mSv no necesariamente implica que la dosis recibida por el feto exceda de 1 mSv. En estos casos deberá evaluarse el espectro energético de los campos de radiación que han dado lugar a esas dosis para, a continuación, valorar de forma realista la dosis que pudiera haber recibido el feto, comprobando finalmente si la dosis recibida por el feto ha excedido, o no, el valor de 1 mSv.

#### **b) Vigilancia de las dosis resultantes de una contaminación interna.**

La dosis recibida por el feto como resultado de una eventual contaminación interna de la trabajadora gestante viene determinada por procesos como:

- La transferencia de la actividad depositada en el torrente sanguíneo de la trabajadora gestante a su placenta.
- La distribución y retención en el tejido fetal de la actividad presente en la placenta de la trabajadora gestante.
- La irradiación externa resultante de la actividad presente en la placenta y en los distintos órganos y tejidos de la trabajadora gestante.

Para determinar las dosis fetales que resultan de estos procesos es necesario proceder a una modelización matemática de los mismos y esto, dada la variedad de factores que condicionan el comportamiento metabólico de los contaminantes, entraña enormes dificultades. Resulta además que los mencionados procesos están determinados por una parte por las pro-

<sup>7</sup> En dichas recomendaciones se indicaba que, una vez notificado el embarazo y con objeto de garantizar que el nivel de protección del feto es comparable al de los miembros del público, había que aplicar un límite suplementario de 2 mSv para la dosis equivalente en la superficie del abdomen (tronco inferior) de la trabajadora gestante.

<sup>8</sup> Consejo de Seguridad Nuclear. Guía de Seguridad 7.1 (rev.1).

piedades físicas, químicas y biológicas de los contaminantes y, por otra, por el estado del desarrollo embrionario o fetal en el momento en que se produce la contaminación interna de la trabajadora gestante.

Para dicha modelización se hace uso de los denominados modelos biocinéticos, en los que el organismo se asocia a un conjunto de compartimentos discretos en los que se caracteriza la transferencia de actividad entre los distintos compartimentos mediante sistemas de ecuaciones diferenciales; la solución de estos sistemas proporciona las funciones matemáticas que describen la evolución temporal de la actividad presente en cada compartimento y, a partir de estas funciones, se puede valorar la distribución, retención y eliminación de la actividad incorporada al organismo.

Los modelos que se utilizan para caracterizar los procesos por los que la actividad incorporada por una trabajadora gestante (como resultado de una contaminación interna) se distribuye y retiene en el tejido fetal son de gran complejidad por lo que, en general, las dosis que con ellos se obtienen están afectadas de importantes incertidumbres.

A la vista de estas dificultades hay que tratar siempre de evitar que las trabajadoras gestantes desarrollen su actividad laboral en zonas de trabajo en las que exista riesgo significativo de contaminación radiactiva. Incluso en situaciones en las que ese riesgo sea bajo, es necesario garantizar que la probabilidad de contaminación interna para la trabajadora gestante sea prácticamente nula.

Siempre que se cumplan estas premisas no resultará necesario implantar una sistemática para estimar las dosis recibidas por el feto como resultado de una contaminación interna de la trabajadora gestante.



Si como resultado de alguna incidencia operativa o de un accidente una trabajadora gestante sufriera una contaminación interna, hay métodos para poder estimar las dosis recibidas por el feto con un nivel de incertidumbre que se considera aceptable a efectos de protección radiológica. Así, por ejemplo, en la publicación ICRP-88:

- Se definen los modelos biocinéticos a utilizar para caracterizar la transferencia de la actividad incorporada por la madre a la placenta, y su posterior distribución y retención en los tejidos fetales.
- Se establece la metodología a seguir para estimar las dosis recibidas por el feto tanto como resultado de la actividad retenida en el tejido fetal, como de la actividad presente en los órganos y tejidos de la madre.
- Se presentan valores de los denominados coeficientes de dosis (dosis recibida por el feto por unidad de actividad incorporada por la madre) que posibilitan un cálculo inmediato de la dosis al feto una vez que se

conoce la actividad incorporada por la madre como resultado de la contaminación interna.

Los coeficientes de dosis que se presentan en ICRP-88 están calculados para incorporaciones crónicas y agudas (tanto por inhalación como por ingestión) de un total de 31 radionucleidos<sup>9</sup> considerando, para cada uno de ellos diferentes formas químicas.

Dichos coeficientes están calculados para incorporaciones acaecidas en el momento de la concepción y en diferentes momentos del período de gestación (5, 10, 15, 25 y 35 semanas) y se refieren a:

- La dosis equivalente al tejido fetal que recibe dosis más elevadas.
- La dosis equivalente al cerebro del feto entre las semanas siete y quince del período de gestación.
- La dosis efectiva al feto durante el período de gestación.
- La dosis efectiva comprometida (hasta los 70 años) al neonato.

<sup>9</sup> En un informe posterior del Health and Safety Executive del Reino Unido (Report 397) se presentan coeficientes de dosis fetales, calculados con la metodología de ICRP-88, para un conjunto de radionucleidos (típicos del ámbito ocupacional) no incluidos en dicha publicación.

La comparación de los coeficientes de dosis fetales con los correspondientes a un individuo estándar adulto<sup>10</sup> muestra que, en la mayor parte de los casos, la dosis recibida por la trabajadora gestante es significativamente mayor que la dosis recibida por el feto. Sin embargo hay un conjunto de radionucleidos (P-32, P-33, S-35, Ca-45, Ca-47, Sr-89, I-131) en los que la dosis al feto o al neonato puede ser mayor<sup>11</sup> que la dosis recibida por la trabajadora gestante.

Algunos de los radionucleidos mencionados se utilizan en determinadas prácticas hospitalarias y, por ello, en tales prácticas habrá que poner especial cuidado en la implantación de las medidas necesarias para garantizar que la probabilidad de contaminación interna para la trabajadora gestante sea prácticamente nula.



<sup>10</sup> Hasta la fecha, en el ámbito ocupacional, ICRP no ha contemplado diferencias entre hombres y mujeres a la hora de establecer los coeficientes de dosis aplicables al cálculo de las dosis resultantes de una contaminación interna.

<sup>11</sup> Hasta un orden de magnitud en el caso de los isótopos de fósforo, calcio y estroncio

## Consideraciones finales

La percepción del riesgo asociado a una determinada actividad, por parte de un individuo o de la sociedad en su conjunto, se ve fuertemente influenciada por factores de naturaleza subjetiva entre los que se encuentran los relacionados con actividades no habituales o de difícil comprensión, como es el caso de las radiaciones ionizantes y el hecho de que afecte a niños o pueda afectar a generaciones futuras.

La difusión de conocimientos básicos sobre este tema de una manera clara y comprensible tanto para el público como para los profesionales de la salud es una de las tareas a encarar por parte de los grupos que trabajan en el campo de la protección radiológica y éste ha sido el objetivo a la hora de elaborar el presente documento.

Como resumen, los aspectos más importantes a tener en cuenta en una trabajadora embarazada expuesta a radiaciones ionizantes son los siguientes:

1. La trabajadora expuesta debe comunicar su embarazo lo antes posible al responsable de Protección Radiológica de su instalación y/o al responsable del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales que le corresponda.
2. La condición de embarazo de la profesional expuesta no presupone la retirada del trabajo, lo que sí es necesario es revisar y eva-

luar las condiciones del mismo para que sean adecuadas a cada caso particular.

3. Las condiciones de trabajo serán tales que resulte improbable que la dosis equivalente al feto exceda de 1 mSv. Esta dosis será evaluada mediante un dosímetro individual que se colocará a la altura del abdomen desde la notificación del embarazo hasta el final de la gestación.
4. Es fundamental que la trabajadora expuesta gestante esté totalmente informada de los posibles riesgos que pueden existir en su puesto de trabajo, de las medidas de protección y de los límites de dosis que se le van a aplicar, proporcionándole en todo momento asesoramiento y asistencia.
5. En la trabajadora expuesta gestante no existe un mayor riesgo de malformación o de cualquier tipo de efecto determinista para el feto a causa de las dosis de radiación recibidas durante su trabajo habitual. Asimismo, la incidencia de cáncer infantil debido a la exposición a esos niveles de dosis (1 mSv) es despreciable y muchísimo menor que la incidencia natural del mismo.

**Cualquier trabajadora embarazada con unas condiciones laborales en las que sea improbable que el feto pueda recibir una dosis superior a 1 mSv, una vez el embarazo haya sido notificado, puede sentirse muy segura en su puesto de trabajo.**

## Valoración de los puestos de trabajo en las Trabajadoras Expuestas Gestantes

### Anexo A

#### Situaciones especiales (NO DEBERÍA)<sup>4</sup>

La Trabajadora Expuesta Gestante **NO DEBERÍA** participar en las siguientes situaciones, pero se considera que PUEDEN PERMITIRSE siempre que el trabajo se realice en condiciones que aseguren el cumplimiento de la legislación vigente y siempre que la trabajadora manifieste su voluntad de continuar con su actividad laboral:

#### A) Instalación de Radiodiagnóstico médico

- Equipos de rayos X móviles de grafía.
- Equipos quirúrgicos de escopia (si se trabaja a pie de tubo).
- Radiología intervencionista (si se trabaja a pie de tubo)

#### B) Instalación de Medicina Nuclear

- Salas de adquisición de imagen en instalaciones de Medicina Nuclear convencional (no PET).

### Anexo B

#### Situaciones excluyentes (NO DEBERÁ)<sup>5</sup>

La Trabajadora Expuesta Gestante **NO DEBERÁ** participar en las siguientes situaciones:

#### A) Instalación de Rayos X de diagnóstico médico

- Exposiciones especialmente autorizadas.
- Situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### B) Instalación de Medicina Nuclear

- Manipulación de radiofármacos en cámara caliente y área de administración de dosis.
- Permanecer en salas de espera de pacientes inyectados.
- Participar en el cuidado de pacientes sometidos a terapia metabólica.
- Manipulación de radiofármacos utilizados en estudios PET/CT.
- Cuidado de pacientes sometidos a exploraciones PET/CT.
- Exposiciones especialmente autorizadas.
- Situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### C) Laboratorio de análisis clínicos

- Exposiciones especialmente autorizadas.
- Situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

#### D) Instalación de Radioterapia

- BRAQUITERAPIA manual.
- Exposiciones especialmente autorizadas.
- Situaciones establecidas en el plan de emergencia de la instalación.

## Bibliografía

- Real Decreto 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.
- Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.
- Consejo de Seguridad Nuclear. Guía de Seguridad 7.1 (rev.1). Requisitos técnicos y administrativos para los servicios de dosimetría personal. 2006.
- Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Empleo y Seguridad Social.
- DIRECTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSEJO 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, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.
- ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 1991.
- ICRP Publicación 75. Principios generales de protección radiológica de los trabajadores. 1997.
- ICRP Publicación 84. Embarazo e irradiación médica. 2000.
- ICRP Publication 88. Doses to the embryo and fetus from intakes of radionuclides by the mother. 2001.
- ICRP Publicación 103 Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.
- UNSCEAR 2008 Sources and effects of ionizing radiation.
- UK Health and Safety Executive. Report 397. Doses to the embryo/fetus and neonate from intakes of radionuclides by the mother. Part 1: Doses received in utero and from activity present at birth. 2001.
- UK National Radiological Protection Board. Guidance on the application of dose coefficients for the embryo and from intakes of radionuclides by the mother. 2005.

## Otras publicaciones

- 1. Emergencia en centrales nucleares**  
CSN, 2009 (28 págs.)
- 2. Utilización de la energía nuclear para producir energía eléctrica**  
CSN, 2005 (20 págs.)
- 3. El funcionamiento de las centrales nucleares**  
CSN, 2002 (24 págs.)
- 4. Desmantelamiento y la clausura de centrales nucleares**  
CSN, 2008 (36 págs.)
- 5. El CSN vigila las radiaciones: 10 preguntas y respuestas sobre la radiactividad**  
CSN, 2006 (20 págs.)
- 6. Protección Radiológica**  
CSN, 2008 (16 págs.)
- 7. Dosis de radiación**  
CSN, 2002 (12 págs.)
- 8. Las radiaciones en la vida diaria**  
CSN, 2006 (20 págs.)
- 9. El transporte de los materiales radiactivos**  
CSN, 2009 (28 págs.)

