LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es sin duda alguna el **principal referente mundial en materia de protección contra las radiaciones**. Su trabajo se basa en la recopilación de los resultados de las investigaciones científicas que se desarrollan en cada momento a lo largo de todo el mundo, se disemina mediante publicaciones científicas que consolidan los principales conceptos de la protección contra de las radiaciones en todas sus manifestaciones y usos, y constituyen la base de los estándares internacionales y de la normativa de la mayoría de los países.

La ICRP es una organización benéfica independiente, que se financia con contribuciones voluntarias de una amplia variedad de organizaciones e individuos interesados en la protección radiológica, y de los beneficios de la venta de sus publicaciones. Para garantizar su independencia, la ICRP **solo acepta contribuciones voluntarias bajo un compromiso explícito de transparencia y de que no traten de influir en el desarrollo de su programa de trabajo, ni en la selección de sus miembros**.

La ICRP se estableció en 1928 en el segundo Congreso Internacional de Radiología, celebrado en Estocolmo, con el fin de responder a la creciente preocupación sobre los efectos de la radiación ionizante que se observaba en la comunidad médica de los años veinte. En ese momento, se le llamó Comité Internacional de Protección contra los Rayos X y el Radio (IXRPC), pero en 1950 se reestructuró para tener mejor en cuenta los usos de la radiación fuera del área médica, y se le dio su nombre actual.

Hasta la fecha, la ICRP ha publicado sus trabajos en diferentes tipos de documentos: 7 recomendaciones, emitidas entre 1928 y 1959, 142 publicaciones desde 1959 hasta hoy, 10 declaraciones resultantes de sus reuniones plenarias más importantes, 5 actas de los simposios internacionales sobre el Sistema Internacional de protección radiológica, una de ellas centrada en el seguimiento del accidente de Fukushima, 5 guías de apoyo, varios informes y posiciones técnicas sobre aspectos muy concretos de la protección radiológica, complementadas con una importante y útil información y material didáctico y divulgativo que ofrece en su página en internet (www.icrp.org). Así mismo, **la ICRP mantiene relaciones fluidas con numerosas organizaciones nacionales e internacionales que trabajan en el campo de la protección radiológica o en actividades conexas**. El 1 de enero de 2020, ICRP hizo pública su decisión de permitir el acceso libre y gratuito a todas las publicaciones de ICRP emitidas hasta la Publicación nº 137 incluida.

Puede decirse que todas las publicaciones de ICRP han tenido una gran importancia en el desarrollo y puesta en práctica de la protección radiológica a lo largo de todo el mundo. Algunas de ellas, por su carácter general, han tenido una enorme repercusión práctica en todas las aplicaciones de las radiaciones ionizantes. Entre éstas cabe destacar las publicaciones nº 1 (1959), nº 26 (1977), nº 60 (1990) y nº 103 (2007).

Los órganos de gobierno y de trabajo de la ICRP son la Comisión Principal y 4 comités de especialistas en los efectos de las radiaciones, en la medida de la dosis, la protección radiológica en medicina y la aplicación de las recomendaciones de ICRP. Por su parte, cada comité se organiza en grupos de trabajo que se encargan de llevar a cabo las tareas específicas que requieren sus funciones. Todos ellos están constituidos por expertos de gran prestigio profesional que proceden de un amplio abanico de países.

En los últimos años, **España ha tenido una importante presencia en la ICRP**, con participación en la Comisión Principal, en tres de los cuatro comités y en varios grupos de trabajo. Con este motivo, iniciamos la publicación de una serie de artículos en nuestra revista, para dar a conocer a nuestros socios la relevancia de la participación actual española en los trabajos de la ICRP. **Empezamos esta serie con un artículo sobre los objetivos, funciones y actividades recientes del Comité 2: Dosis producidas por las radiaciones, escrito por María Antonia López Ponte, investigadora del CIEMAT y miembro de este comité.**

Comisión de redacción de Nuclear España

COMITÉ 2 DE ICRP: DOSIS POR EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES IONIZANTES

MARÍA ANTONIA LÓPEZ PONTE
Responsable de Dosimetría Interna
Unidad de Dosimetría de Radiaciones
División de Medio Ambiente Radiológico
CIEMAT
Miembro del Comité 2 de ICRP

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es una organización independiente sin ánimo de lucro que proporciona recomendaciones sobre distintos aspectos relacionados con la protección contra las radiaciones ionizantes. La ICRP está constituida por más de 250 expertos de más de 30 países (entre ellos España), y su Secretaría Científica se encuentra en Ottawa, Canadá (www.icrp.org). La estructura de ICRP consiste además en una Comisión Principal y cuatro comités permanentes especializados: Comité 1 sobre Efectos de las radiaciones, Comité 2 sobre Dosimetría, Comité 3 sobre Protección Radiológica en Medicina y Comité 4sobre la Aplicación de las recomendaciones de ICRP. Existen además grupos de trabajo (*Task Groups*), que aprueba la Comisión Principal, y que son los encargados de desarrollar el material nuevo y las publicaciones con las recomendaciones sobre los temas de interés que van surgiendo o las actualizaciones que se requieren en base a nuevos desarrollos científicos o a nueva información disponible. En el Anexo 1 se incluye una relación de las publicaciones de ICRP publicadas recientemente, que están relacionadas con el trabajo del Comité 2.

El Comité 2 de ICRP trabaja sobre aspectos de la protección radiológica relacionados con la dosimetría de la exposición interna y externa de trabajadores, miembros del público y pacientes. El Comité 2 lo constituyen 16 miembros (Figura 1 y Anexo 2) de 10 países (entre ellos España) y cuenta con John Harrison (Universidad Oxford Brookes y PHE, Reino Unido), como máximo responsable (*chair*) del grupo, apoyado por François Paquet (IRSN, Francia) como *vice-chair* y por Wesley E. Bolch (Universidad de Florida, EE.UU.) como secretario del Comité 2.

Los objetivos que se ha marcado este comité en el periodo 2017-2021 son el desarrollo de coeficientes de dosis para la evaluación de la exposición interna y externa, el desarrollo y actualización de modelos biocinéticos y dosimétricos y proporcionar datos dosimétricos de referencia para trabajadores y miembros del público. El grupo trabaja actualmente

Figura 1. Miembros del Comité 2 de ICRP, reunión de Adelaida, Australia, en Noviembre de 2019.

en el marco de la aplicación de las recomendaciones sobre protección radiológica de 2007 de acuerdo a la publicación 103 de ICRP, y en el desarrollo de una nueva generación de maniquíes computacionales.

La organización del trabajo en Comité 2 se basa en la tarea de los 8 grupos de trabajo temáticos que se indican a continuación:

TG 36. Dosis de Radiación a Pacientes de Medicina Nuclear para Diagnóstico (Comités 2 y 3 conjuntamente).
TG 79. El uso de Dosis Efectiva como magnitud de protección radiológica relacionada con el riesgo.
TG 90. Coeficientes de Conversión de Dosis dependientes de la edad para exposición externa proveniente de fuentes ambientales de radiación.
TG 95. Coeficientes de Dosis de Exposición Interna (IDC).
TG 96. Maniquíes Computacionales y Transporte de Radiación (CPRT).
TG 103. Maniquíes Computacionales de Referencia tipo *Mesh* (MRCP).
TG 112. Dosimetría en situaciones de emergencia radiológica y nuclear.
TG 113. Coeficientes de Dosis de Referencia para dosis efectiva y dosis a órgano para exámenes médicos de rayos X para Diagnóstico (Comité 2 junto con Comité 3).

Además, algunos miembros del Comité 2 están implicados en otras actividades de relevancia dentro de la ICRP, como es el Proyecto *Glosario* cuyo responsable es Chunsheng Li (Health Canada) y que cuenta con representación de los 4 comités (el trabajo del Comité 2 lo lleva a cabo la representante española del Ciemat), cuyo objetivo es establecer una definición única y actual de los términos más utilizados en las publicaciones de la ICRP. Los términos aparecerán en una página de acceso público en el sitio web http://icrpaedia.org/ICRP_Glossary.

En relación con la implicación de los miembros del Comité 2 en los grupos de trabajo de los otros comités de la ICRP, es de resaltar la labor en el TG 64 sobre el riesgo de cáncer asociado a la exposición de emisores de radiación alfa (Comité 1) que ha generado la publicación *Cancer Risk from Exposure to Plutonium and Uranium*, disponible para consulta pública hasta el 10 de julio de 2020.

El Comité 2 ha colaborado también con el TG 72 sobre RBE (*Relative Biological Effectiveness of Radiation*) para plantas y animales de referencia y con el TG102 sobre Metodología para el cálculo del detrimento asociado a las radiaciones (se puede acceder al borrador de la publicación *Radiation Detriment Calculation Methodology* para emitir comentarios hasta el 5 de junio de 2020).

La última reunión del Comité 2 de ICRP tuvo lugar en Adelaida (Australia) en noviembre de 2019, junto con el 5º Simposio Internacional sobre el Sistema de Radiológica Protección con temática *Minas, Medicina, Marte*, organizado por la Sociedad Australiana de Protección Radiológica (ARPS) y la Autoridad Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (ARPANSA). Son de destacar como temas de interés, los nuevos coeficientes de dosis para dosimetría por exposición ocupacional y para miembros del público, el desarrollo de maniquíes tipo *voxel* dependientes de la edad y la nueva generación de maniquíes tipo *mesh*, así como la revisión de los términos relacionados con dosimetría para la ICRPaedia, la dosimetría para la biota no humana, la dosimetría espacial y la medida y dosimetría de radón.

Las magnitudes de dosis utilizadas principalmente en la protección radiológica son la dosis absorbida, la dosis equivalente y la dosis efectiva. El concepto de dosis efectiva fue desarrollado por ICRP como una magnitud dosimétrica enfocada al riesgo asociado a los efectos estocásticos de las radiaciones ionizantes, principalmente el cáncer, permitiendo la comparación de las dosis estimadas con límites de dosis oficiales expresados en la misma magnitud.

El documento *The Use of Dose Quantities in Radiological Protection* elaborado por el TG79 del Comité 2 proporciona más información sobre la base científica para el control de los riesgos de las radiaciones ionizantes, utilizando las magnitudes de dosis más apropiadas en cada caso, teniendo en cuenta las exposiciones ocupacionales (trabajadores), del público y médicas. Así por ejemplo en este documento se reconoce la dosis absorbida (en *grays*) como la magnitud más apropiada (en lugar de la dosis equivalente) para establecer los límites asociados a las reacciones tisulares (efectos deterministas) en piel, extremidades y cristalino.

La publicación 141 de ICRP (2019) es el documento más reciente publicado por el Comité 2 y constituye la Parte 4 de la serie OIR *Occupational Intakes of Radionuclides* desarrollada por el grupo de trabajo TG 95 de dosimetría interna. Se trata de una de las primeras ediciones de ICRP con nuevo formato y portada en color. Próximamente está previsto publicar la Parte 5 (y última) de esta serie OIR sobre la dosimetría asociada a la incorporación de radionucleidos por trabajadores en su lugar de trabajo.

El material dosimétrico en las 5 publicaciones OIR está en coherencia con las recomendaciones de ICRP 103 y remplazarán a los modelos y coeficientes de dosis de las publicaciones ICRP 78 e ICRP 68 (donde se encuentran los modelos de retención y excreción de los radionucleidos dentro del cuerpo y los coeficientes de dosis vinculados a las recomendaciones de ICRP 60). Esto supondrá un gran impacto en los servicios y laboratorios de dosimetría interna españoles (y del mundo) que tendrán que adaptarse a las nuevas recomendaciones de ICRP, necesitándose herramientas adecuadas para la estimación de la dosis efectiva comprometida E(50) en *sieverts*, de acuerdo a las nuevas funciones de retención y excreción mencionadas y a los nuevos coeficientes de dosis. Así mismo, el nuevo material dosimétrico basado en una mayor información fisiológica y dosimétrica del comportamiento de los radionucleidos dentro del cuerpo y a mejores herramientas de cálculo, permite garantizar evaluaciones de dosis más realistas y fiables.

En este contexto de la nueva dosimetría interna ocupacional los cambios más relevantes a tener en cuenta respecto a las recomendaciones anteriores son la modificación en el modelo del tracto respiratorio de ICRP 66, que afecta principalmente a los materiales incorporados vía inhalación más insolubles (dando lugar a dosis más altas) y la implementación del modelo del tracto alimentario descrito en la publicación 100 de ICRP. Un avance importante también es un mayor conocimiento, en general, del comportamiento metabólico de los radionucleidos dependiendo de sus características físico-químicas. Concretamente se establece una clasificación más detallada de los materiales, en función

de su absorción (paso a sangre desde el tracto respiratorio) en caso de inhalación, que depende fundamentalmente del compuesto químico que es incorporado (y también del tamaño de partículas del aerosol que es inhalado).

En el documento OIR Parte 1 (ICRP 130) se describe la metodología de estimación de dosis por exposición interna basada en las recomendaciones de ICRP103 de acuerdo a todo lo expuesto anteriormente. En las publicaciones OIR Partes 2-5 se describen los modelos, coeficientes de dosis y parámetros específicos de cada elemento y de los isótopos radiactivos de relevancia correspondientes. Hay que destacar que toda esta información está disponible vía web gracias al Anexo Electrónico "DATAVIEWER" de acceso libre desde www.icrp.org (la última actualización se puede encontrar en OIR Parte IV, ICRP141, 2019). En la Figura 2 se presenta DATAVIEWER con información asociada a la dosimetría interna para el ^{60}Co de acuerdo a OIR Parte 2 (ICRP 134) y a ICRP 103/130.

Es importante resaltar que todas las publicaciones OIR que se refieren a la incorporación interna de radionucleidos por trabajadores, y las futuras publicaciones que se refieren a la exposición interna del público, incluyen o incluirán anexos electrónicos muy detallados disponibles con libre acceso en el sitio web de ICRP, y que complementan el documento publicado. Esta utilidad es una herramienta fundamental para poder estimar la dosis efectiva comprometida E(50) a partir de los datos de actividad medida en el cuerpo mediante Contador de Radiactividad Corporal (CRC) o de la concentración de actividad en excretas (orina y heces) de los radionucleidos incorporados.

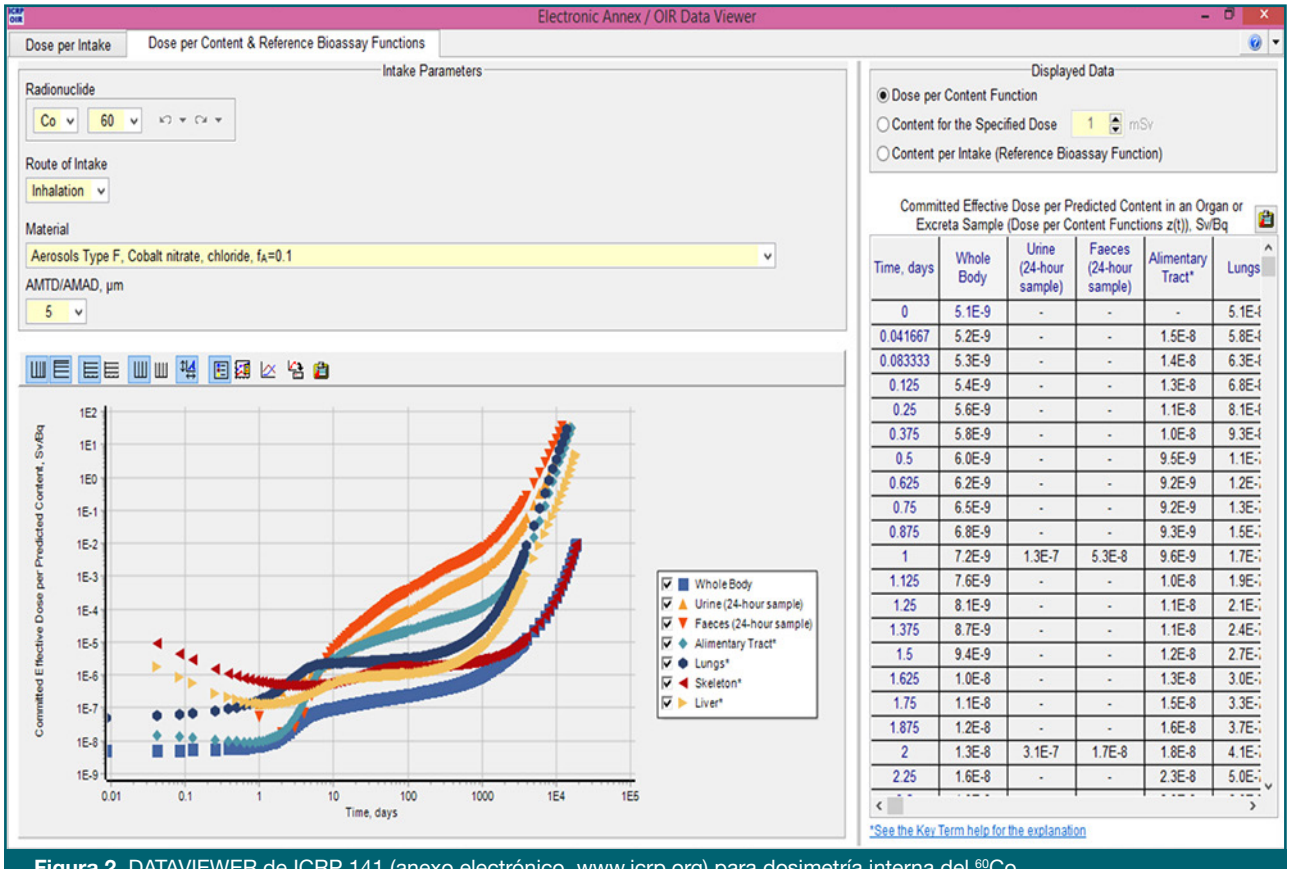
Hay que mencionar los nuevos coeficientes de dosis para exposición al radón y sus descendientes que se presentan en la publicación OIR Parte 3 (ICRP 137), donde se ponen de manifiesto evidencias que confirman que la inhalación de los descendientes del ^{222}Rn puede causar cáncer de pulmón y se establece un nivel superior de referencia de concentración del radón en lugares de trabajo de 300 Bq/m^3. Para exposición ocupacional los nuevos coeficientes de dosis son:

- 3 mSv per mJ h m^{-3} (~10 mSv per WLM) para minas y mayoría de lugares de trabajo en interiores.
- 6 mSv per mJ h m^{-3} (~20 mSv per WLM) cuevas turísticas y trabajadores de actividad física significativa.

Todos los coeficientes de dosis OIR han sido obtenido por el TG 95 utilizando los maniquíes de referencia de ICRP tipo *voxel* para hombre y mujer adultos descritos en la publicación 110 de ICRP.

Los maniquíes tipo *voxel* consisten en modelos computacionales muy detallados generados a partir de imágenes médicas (generalmenteimágenes TC) de personas reales. Así un modelo o maniquí *voxel* (consisitente en pequeños prismas cuboidales) es una representación tridimensional del cuerpo humanoque se configura como una serie de números de identificación, dispuestos en capas, filas y columnas; cada entrada de datos representa un vóxel de tejido. Los órganos están representados por los vóxeles con el mismo número de identificación y están dispuestos espacialmente para representar el volumen del órgano.

Los maniquíes de referencia de adulto, hombre y mujer, publicados en ICRP 110 se han generado después de modificar



Time, days	Whole Body	Urine (24-hour sample)	Faeces (24-hour sample)	Alimentary Tract*	Lungs
0	5.1E-9	-	-	-	5.1E-9
0.041667	5.2E-9	-	-	1.5E-8	5.8E-9
0.083333	5.3E-9	-	-	1.4E-8	6.3E-9
0.125	5.4E-9	-	-	1.3E-8	6.8E-9
0.25	5.6E-9	-	-	1.1E-8	8.1E-9
0.375	5.8E-9	-	-	1.0E-8	9.3E-9
0.5	6.0E-9	-	-	9.5E-9	1.1E-8
0.625	6.2E-9	-	-	9.2E-9	1.2E-8
0.75	6.5E-9	-	-	9.2E-9	1.3E-8
0.875	6.8E-9	-	-	9.3E-9	1.5E-8
1	7.2E-9	1.3E-7	5.3E-8	9.6E-9	1.7E-8
1.125	7.6E-9	-	-	1.0E-8	1.9E-8
1.25	8.1E-9	-	-	1.1E-8	2.1E-8
1.375	8.7E-9	-	-	1.1E-8	2.4E-8
1.5	9.4E-9	-	-	1.2E-8	2.7E-8
1.625	1.0E-8	-	-	1.3E-8	3.0E-8
1.75	1.1E-8	-	-	1.5E-8	3.3E-8
1.875	1.2E-8	-	-	1.6E-8	3.7E-8
2	1.3E-8	3.1E-7	1.7E-8	1.8E-8	4.1E-8
2.25	1.6E-8	-	-	2.3E-8	5.0E-8

Figura 2. DATAVIEWER de ICRP 141 (anexo electrónico, www.icrp.org) para dosimetría interna del ^{60}Co.

los maniquíes tipo *voxel* obtenidos a partir de las imágenes médicas de 2 individuos reales, ajustando las masas de los órganos según datos de la publicación 89 de ICRP correspondientes al hombre-adulto y a la mujer-adulta (Figura 3).

Los documentos más recientes del TG 96: P*aediatric Reference Computational Phantoms* (que se editará como ICRP 143), *Specific Absorbed Fractions for Internal Dose Assessments using Reference Paediatric Phantoms* y *Pregnant Female and Foetus Reference Phantoms* están aprobados ya para su inminente publicación. Se trata de todo el material computacional necesario para el desarrollo de la nueva dosimetría de miembros del público y complementan la información disponible para la dosimetría de los trabajadores. En esencia permiten disponer de una familia de 10 maniquíes computacionales de referencia tipo *voxel* para distintos grupos de edad (Figura 4) y sexo, y para la mujer embarazada (exposición del embrión y del feto en distintos estados de gestación). Dichos maniquíes llamados *pediátricos* permiten generar los correspondientes coeficientes de dosis necesarios para la estimación de la dosis absorbida en órganos y de la dosis efectiva en población expuesta (grupos de edad de acuerdo a la Publicación 89 de ICRP). Este desarrollo del TG 96 de ICRP ha sido liderado por la Universidad de Florida (UF) y el National Cancer Institut (NCI) de EE.UU.

Realmente los maniquíes pediátricos de ICRP en su versión *voxel* se han generado a partir de otros maniquíes originales, los modelos computacionales UF/NCI de tercera generación. Se trata de *maniquíes híbridos* de alta tecnología, en los que el contorno exterior del cuerpo y las superficies internas de los órganos se modelizan mediante técnicas de animación por ordenador con mallas poligonales tipo MESH o superficies tipo NURBS (No-Rational B-Sbline). Las superficies NURBS son una serie de puntos 3D en el espacio entre los cuales se interpola una superficie. Los programas para cálculo mediante simulación Monte Carlo en lo que se refiere a códigos de transporte de la radiación todavía utilizan, en general, formatos de modelos *voxel*. Por lo tanto se prefirió generar la familia de maniquíes pediátricos de ICRP en base a maniquíes tipo *voxel* dependientes de sexo y edad, y se convirtieron los maniquíes híbridos UF/NCI a formato *voxel* (FIgura 4), siendo así consistentes con los maniquíes de referencia de ICRP para el hombre y la mujer adultos de la publicación 110 de ICRP (Figura 3).

Una aplicación de todo este material computacional ha permitido al grupo de trabajo TG 90 (liderado por HMGU, Alemania) generar la publicación *Dose Coefficients for External Exposures to Environmental Sources* que se editará como ICRP 144 con los coeficientes de dosis dependientes de la edad para miembros del público expuesto a radiación externa procedente de ambientes contaminados (suelos, aire), con aplicación a situaciones de preaccidente y posaccidente. Los coeficientes de dosis han sido obtenidos a partir de los maniquíes de referencia para adultos de ICRP 110 y de los nuevos maniquíes pediátricos de referencia de ICRP. La dosis equivalente en piel se ha calculado para el hombre y la mujer adultos mediante los maniquíes de malla poligonal tipo *mesh* de ICRP. La excelente resolución de estos modelos *mesh* computacionales permiten la evaluación de la dosis en la región más radiosensible de la epidermis que se encuentra entre 50 y 100 mm debajo de la superficie de la piel.

El grupo de trabajo TG 103 liderado por la Universidad Hanyang (Corea del Sur) es el responsable del desarrollo de la nueva generación de los maniquíes computaciones de malla poligonal tipo *mesh* anteriormente mencionados, con una mayor definición y resolución que los correspondientes tipo *voxel*. El objetivo del TG 103 es convertir la familia actual de maniquíes de referencia tipo *voxel* a una serie de maniquíes computacionales de mayor definición en formato *mesh*, lo

Figura 3. Maniquíes de Referencia de ICRP tipo *voxel*, para el hombre (derecha) y la mujer (izquierda) adultos, de acuerdo a la publicación 110 de ICRP. (Esta figura se corresponde con la Figura 4.1 del borrador de la Publicación nº 144 que se encuentra en prensa, y se utiliza con la autorización de la ICRP).

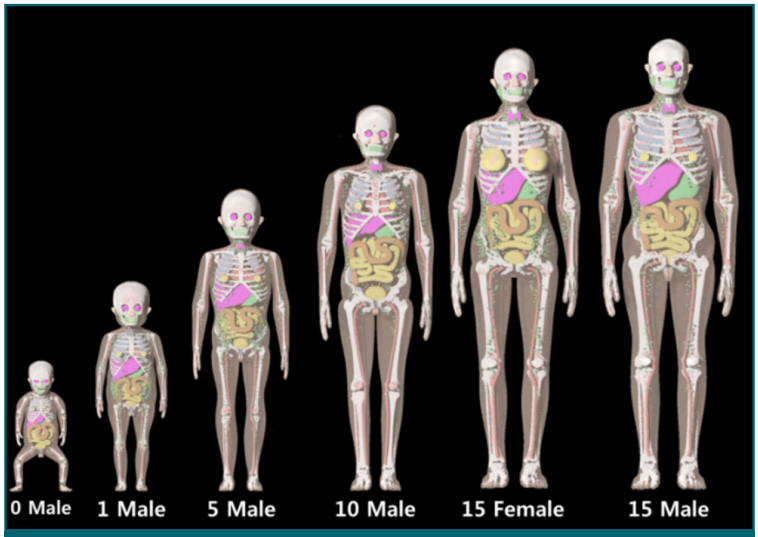


Figura 4. Familia de maniquíes *pediátricos* de referencia de ICRP tipo *voxel* para miembros del público, de izquierda a derecha: recién nacido, niño de 1 año, niño de 5 años, niño de 10 años, jóven-mujer de 15 años y jóven- hombre de 15 años. (Esta figura se corresponde con la Figura 3.2 del borrador de la Publicación nº 143 que se encuentra en prensa, y se utiliza con la autorización de la ICRP).

que permitirá superar las limitaciones de los modelos *voxel* en algunos casos y así obtener coeficientes de dosis más realistas y fiables. El documento *Mesh-Type Reference Adult Computational Phantoms* será publicado en breve con referencia ICRP 145 donde se presentan los maniquíes *mesh* para el hombre y la mujer adultos, al que le seguirá más adelante el documento *Mesh-Type Reference Paediatric Phantoms*, por lo que podremos disponer también de una familia de 10 maniquíes de referencia de ICRP tipo *mesh* para grupos de distinto sexo y edad.

Existen importantes diferencias entre los maniquíes tipo *voxel* y los correspondientes *mesh*, ya que estos últimos mejoran claramente la resolución en órganos y tejidos lo que es importante por ejemplo en caso de la piel: piel-*voxel* = 2 mm de espesor mínimo, piel-*mesh* = 50 µm. Por ello existen importantes aplicaciones de estos nuevos modelos computacionales *mesh* además de la dosimetría de piel, como es la dosimetría individual en situaciones de exposición accidental de alta dosis, gracias a la flexibilidad en simular distintas posturas y geometrías de exposición y a la excelente resolución en la definición del cuerpo humano (Figura 5).

Regresando a la dosimetría de la radiación interna, el grupo de trabajo TG 95 liderado por IRSN (Francia) está actualmente calculando los coeficientes de dosis para miembros del público con riesgo de incorporación de radionucleidos al organismo, que se publicarán en la serie *Public Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides*. La familia de maniquíes pediátricos de referencia tipo *voxel* son los utilizados por los miembros del TG 95 para generar dichos coeficientes de dosis. Esta serie de publicaciones complementarán a la serie OIR (actualización de la dosimetría interna ocupacional) ya publicada (salvo la parte 5 de OIR).

Un importante proyecto se está llevando a cabo por el grupo de trabajo TG 36, en el que contribuyen miembros del Comité 2 (dosimetría) y del Comité 3 (protección radiológica en medicina), referente a los coeficientes de dosis asociados a la administración de radiofármacos con fines de diagnóstico, cuyo principal objetivo es actualizar la publicación 128 de ICRP (basada en ICRP 60), incluyendo además otras sustancias no consideradas en dicho documento. Los nuevos coeficientes de dosis se calculan utilizando nuevos modelos biocinéticos (si están disponibles), los maniquíes tipo *voxel* de referencia de ICRP para adultos y niños, los datos de desintegración nuclear de ICRP 107 y la dosimetría basada en ICRP 103.

El documento final vendrá acompañado del anexo electrónico *DoseViewer* de libre acceso desde el sitio web de ICRP. Además el TG36 ha desarrollado el código IDAC 2.1 (http://www.idac-dose.org) en el marco de aplicación de la dosimetría computacional descrita en la publicación ICRP 133 *The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions* que implementa los nuevos modelos dosimétricos y biocinéticos con una descripción fisiológicamente más realista de la biocinética de los radiofármacos, y que es consistente con los desarrollos de las publicaciones de la ICRP sobre exposiciones ocupacionales y del público (ambientales).

Finalmente, es importante señalar que en 2019, la Comisión Principal de ICRP aprobó dos nuevos grupos de trabajo del Comité 2, son el TG 112 *Emergency Dosimetry*, con participación española (Ciemat) y el TG 113 *Dose Coefficients for Diagnostic X-ray Imaging* en colaboración con el Comité 3. El objetivo del TG 112 es abordar metodologías de referencia y conjuntos de datos dosimétricos que ampliarán el sistema de dosimetría actual de la ICRP, para realizar evaluaciones de altas dosis de radiación en situaciones de emergencia radiológica y nuclear. En este trabajo se considerarán efectos estocásticos, reacciones tisulares y otras afecciones provocadas por la exposición accidental interna y externa a las radiaciones ionizantes. Las estimaciones estándar de las dosis efectivas se complementarán con evaluaciones individualizadas de las dosis absorbidas y de tasas de dosis absorbidas en órganos y tejidos de individuos de varias edades considerándose también estimaciones de dosis de órganos ponderadas por RBE (Gy-equivalente).

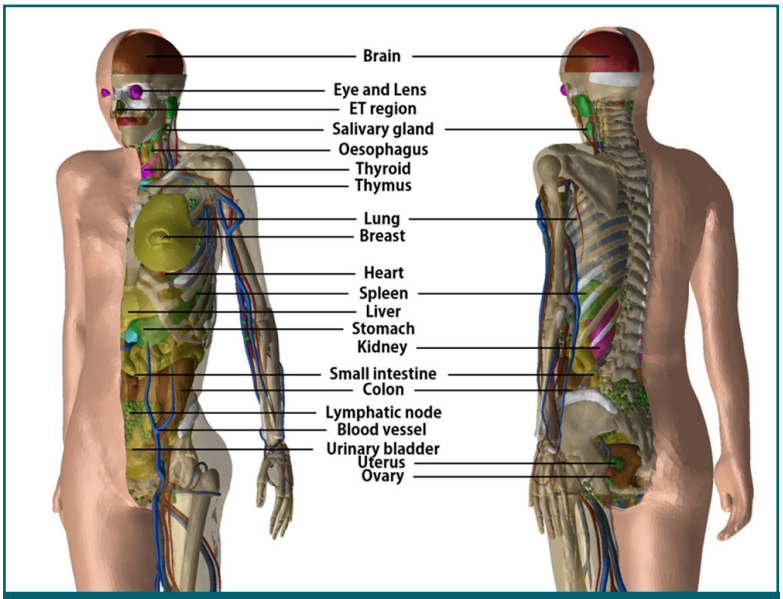


Figura 5. Maniquí meshde mujer adulta. (Esta figura se corresponde con la figura 6.2 del borrador de la Publicación nº 145 que se encuentra en prensa, y se utiliza con la autorización de la ICRP).

La próxima reunión del Comité 2 está prevista para noviembre de 2020 en Abu Dhabi, y se celebrará conjuntamente con un taller ICRP - EURADOS (*European Radiation Dosimetry Group*) sobre dosimetría interna, iniciativa por parte de la Autoridad Federal de Regulación Nuclear de los EAU (Emiratos Árabes Unidos), y en el que el IRSN, representando a ICRP es también uno de los organizadores, junto con el Ciemat representando a EURADOS.

CONCLUSIONES

Los grupos de trabajo del Comité 2 de ICRP están finalizando sus publicaciones con nuevo material y recomendaciones según programa establecido para el periodo 2017-2021. Se trata de resultados revolucionarios que llevan la dosimetría a una actualización con un realismo máximo de definición para todos los escenarios que incluyen exposi-

ción interna y externa, condiciones de rutina y situaciones de accidente, exposición de trabajadores y público incluyendo pacientes. Gracias al desarrollo de los maniquíes computacionales y a las series de modelos de referencia tipo *voxel* disponibles para adultos, niños, embrión y feto existe una coherencia en los coeficientes de dosis obtenidos tanto para exposición ocupacional, de miembros del público en emergencias y en caso de exposiciones médicas. Con los maniquíes tipo *mesh* de última generación se permite ir más allá de la versión *voxel* del ser humano, accediendo a definiciones de tejido de mayor resolución que permiten estimaciones dosimétricas más fiables (dosimetría de piel).

Para finalizar señalar que el desarrollo de los nuevos coeficientes de dosis (y de los datos dosimétricos asociados) obtenidos por los grupos de trabajo vinculados con el Comité 2 de ICRP, en los distintos escenarios mencionados, requiere el uso de diferentes herramientas de cálculo adaptadas a los nuevos modelos y datos, e incluye un control de calidad riguroso entre los miembros del grupo, con implicación de sus instituciones de origen.

ANEXO 1.
Publicaciones de ICRP relacionadas publicadas recientemente que están relacionadas con el trabajo del Comité 2

- ICRP Publication 141. Occupational Intakes of Radionuclides: Part 4.
- ICRP Publication 137. OccupationalIntakes of Radionuclides: Part 3.
- ICRP Publication 134. OccupationalIntakes of Radionuclides: Part 2.
- ICRP Publication 130. OccupationalIntakes of Radionuclides: Part 1.
- ICRP Publication 133. The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adult.
- ICRP Publication 128. Radiation Dose to Patient from Radiopharmaceuticals: A Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances.
- ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure.
- ICRP Publication 119. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60.
- ICRP Publication 110. Adult Reference Computational Phantoms.
- ICRP Publication 100. Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection.
- ICRP Publication 95. Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mothers' Milk.
- ICRP Publication 89. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values.
- ICRP Publication 88. Doses to the Embryo and Foetus from Intakes of Radionuclides by the Mother.
- ICRP Publication 78. Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers.
- ICRP Publication 72. Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients.
- ICRP Publication 71. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 4 Inhalation Dose Coefficients.
- ICRP Publication 70. Basic Anatomical & Physiological Data for use in Rad. Protection - The Skeleton.
- ICRP Publication 69. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 3 Ingestion Dose Coefficients.
- ICRP Publication 68. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers.
- ICRP Publication 67. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 2 Ingestion Dose Coefficients.
- ICRP Guidance 3. Guide for the Practical Application of the ICRP Human Respiratory Tract Model.
- ICRP Publication 66. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection.
- ICRP Publication 65. Protectionagainst Radon-222 at Home and at Work.

ANEXO 2.
Miembros del Comité 2

- John D. Harrison (Chair) Oxford BrookesUniversity, UK.
- Francois Paquet (Vice-Chair), IRSN, France.
- Wesley E. Bolch (Secretary), University of Florida, USA.
- Volodymyr Berkovskyy (Member), RPI, Ukraine.
- Eric Blanchardon (Member), IRSN, France.
- Augusto Giussani (Member), BfS, Germany.
- Derek Jokisch (Member), Francis Marion University, USA.
- Chan Hyeong Kim (Member), HanyangUniversity, Korea.
- Rich Leggett (Member), ORNL, USA.
- Junli Li (Member), TsinghuaUniversity, China.
- Maria Antonia López (Member), CIEMAT, Spain.
- Nina Petoussi-Henss (Member), HMGU, Germany.
- Tatsuhiko Sato (Member), JAEA, Japan.
- Tracy Smith (Member), PublicHealthEngland, UK.
- Alexander Ulanowski (Member), IAEA, Austria.
- Keith Eckerman (miembro emérito), Oak Ridge NationaILaboratory (ORNL), USA ■