

ACTUALIZACIÓN

Green radiology: cómo desarrollar una radiología sostenible

S. Lojo-Lendoiro^{a,*}, À. Rovira^b y Á. Morales Santos^c

^a Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Álvaro Cunqueiro, Vigo, Pontevedra, España

^b Sección de Neurorradiología, Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Vall d'Hebron, Barcelona, España

^c Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, España

Recibido el 10 de abril de 2023; aceptado el 22 de junio de 2023

Disponible en Internet el 5 de octubre de 2023

PALABRAS CLAVE

Radiología;
Desarrollo sostenible;
Eliminación de
residuos médicos;
Cambio climático;
Ecología;
Huella de carbono;
Reciclaje;
Calentamiento global

KEYWORDS

Radiology;
Sustainable
development;
Medical waste
disposal;
Climate change;

Resumen El fenómeno del calentamiento global debido al aumento de emisión de gases de efecto invernadero hace necesario concienciar a la población sobre la importancia de fomentar prácticas sostenibles. El ámbito de la radiología no es una excepción, ya que utiliza gran cantidad de energía y recursos para poner en funcionamiento los equipos y generar imágenes. La radiología verde es un enfoque sostenible, innovador y responsable en la práctica radiológica, que se centra en minimizar el impacto ambiental de las tecnologías y procesos utilizados en la radiología. Su objetivo primario es reducir la huella de carbono, hídrica y ecológica en nuestros servicios en base a cuatro ejes estratégicos: disminuir el uso de energía, agua y helio; reciclar y/o eliminar adecuadamente los desechos y residuos (incluidos los medios de contraste); reducir el impacto ambiental de las radiaciones ionizantes, y promocionar prácticas de radiología ecológicas.

© 2023 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Green Radiology: how to develop sustainable radiology

Abstract The phenomenon of global warming due to the increased emission of greenhouse gases makes it necessary to raise public awareness about the importance of promoting sustainable practices. The field of radiology is not an exception, as it consumes a large amount of energy and resources to operate equipment and generate images. Green radiology is a sustainable,

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: sara.lojo.lendoiro@gmail.com (S. Lojo-Lendoiro).

Ecology;
Carbon footprint;
Recycling;
Global warming

innovative, and responsible approach in radiology practice that focuses on minimizing the negative environmental effects of the technologies and procedures used in radiology. Its primary goal is to reduce the carbon, water and ecological footprint in our services based on four strategic pillars: decreasing energy, water, and helium usage; properly recycling and/or disposing of waste and residues (including contrast media); minimizing the environmental impact of ionizing radiation; and promoting eco-friendly radiology practices.

© 2023 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La actividad humana es la principal responsable de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. El aumento progresivo de la concentración de estos gases asociado a las actividades humanas, como el consumo eléctrico, la deforestación, la utilización de combustibles fósiles y la destrucción de ecosistemas, ha contribuido al aumento de la temperatura global, que en el 2022 se situó 0,89 grados centígrados por encima del promedio para el periodo de referencia de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Los últimos 9 años han sido los más cálidos desde que comenzaron los registros en 1880, y esta tendencia no parece que vaya a variar¹.

Los efectos adversos desencadenados por el cambio climático han sido notificados por las Naciones Unidas desde 1992² y existen evidencias científicas relacionadas con los que producen en la salud pública³. Se estima que, en el año 2007 en Estados Unidos, las emisiones de GEI dependientes del sistema sanitario constituyeron un 8% del total de las emisiones del país⁴, las cuales han aumentado un 6% de 2010 a 2018, siendo esta tasa de emisiones la más alta entre las naciones industrializadas⁵ y sus mayores contribuidores los derivados de la atención hospitalaria, los servicios médico-clínicos y la prescripción de medicamentos⁶.

Desde la creación de la frase «piensa globalmente, actúa localmente», atribuida al activista Patrick Geddes a principios del siglo XX⁷, se apremia a la población a tener en cuenta la salud del planeta, realizando acciones de pequeña envergadura en sus propias comunidades que repercutan a nivel global. Cada vez más profesionales de la salud están adoptando prácticas más ecológicas, no siendo la radiología una excepción. El cambio de mentalidad está siendo lento, pero actualmente existen multitud de iniciativas que impulsan prácticas sostenibles y hospitales que buscan certificaciones en el liderazgo en ahorro energético, uso de energías renovables y en diseño medioambiental.

La radiología verde o *green radiology* se refiere a la práctica de la radiología con un enfoque en la sostenibilidad ambiental y la reducción de residuos derivados de nuestra actividad diaria. La radiología utiliza gran cantidad de energía y recursos para poner en funcionamiento los equipos y generar imágenes. Los propios equipos, los productos químicos y fármacos implicados en la producción de estudios radiológicos son perjudiciales para el medio ambiente y han de ser gestionados de manera adecuada y segura,

minimizando su efecto contaminante⁸. La radiología verde no solo es una práctica necesaria para preservar el medio ambiente, sino que puede reducir los costos generados en los servicios de salud⁹.

Los objetivos de este artículo son concienciar a los radiólogos sobre sus responsabilidades para lograr un mundo más verde y analizar los ejes estratégicos, objetivos y líneas de actuación más eficaces que contribuyan a reducir el impacto en el medio ambiente de los servicios de radiología.

Concepto y principios básicos de la radiología verde

Un servicio de radiología verde es un establecimiento sanitario que, ejecutando su misión (fig. 1), tiene como objetivo estratégico la reducción continua de su impacto ambiental, cumplir la normativa aplicable en este tema y establecer líneas de acción concretas para reducir la huella ecológica, de carbono e hídrica¹⁰ que genera (fig. 2).

El enfoque de la práctica de la radiología verde se basa en cuatro principios y ejes estratégicos:

- Reducir el uso de energía y otros recursos como agua y productos químicos.
- Reciclar y/o eliminar adecuadamente los desechos y residuos.
- Reducir el impacto ambiental de las radiaciones ionizantes.
- Promocionar prácticas de radiología ecológicas.

Ejes estratégicos

Reducción del uso de energía y otros recursos (agua y productos químicos)

Los recursos de los que disponemos son limitados y su uso debe enfocarse en conseguir la eficiencia energética, optimizar el consumo de agua y reducir el uso de productos químicos.

Reducir el consumo de energía

El objetivo de la eficiencia energética es utilizar menos energía para prestar el mismo servicio.

Las imágenes generadas por modalidades radiológicas representan el 4% del consumo de energía de un hospital¹¹

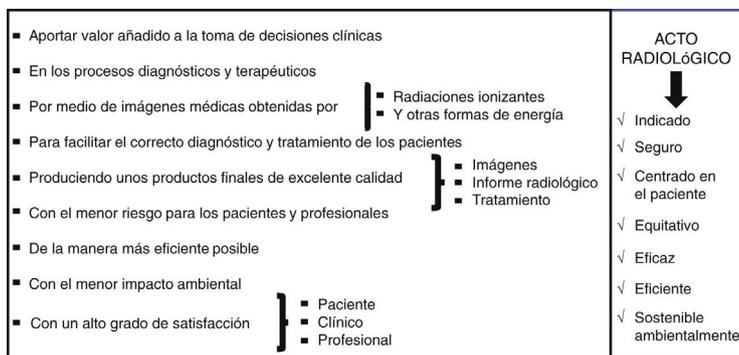


Figura 1 Esquema de la misión de un servicio de radiología.

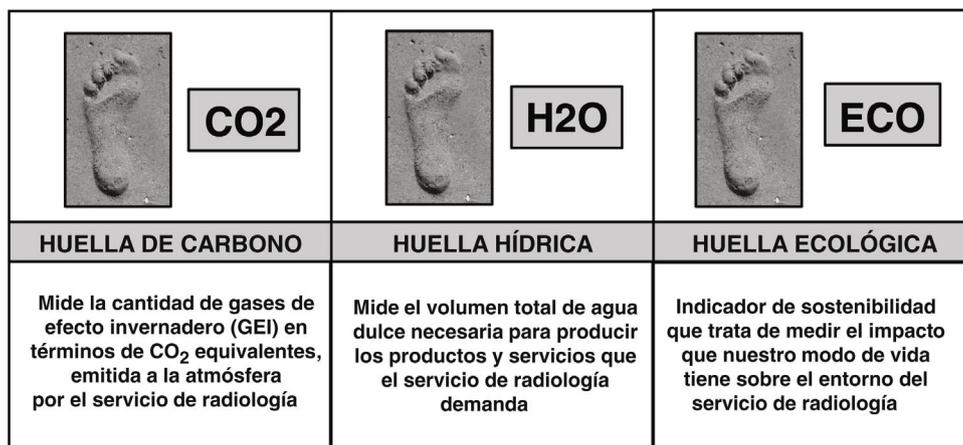


Figura 2 Huella de carbono, hídrica y ecológica del servicio de radiología.

y en el transcurso de un año, 4 RM y 3 TC consumen suficiente electricidad para sostener una ciudad en Suiza de 852 personas¹².

Las medidas que se deben tomar son:

- a. Gestionar el ciclo de vida de los equipos de radiología con una perspectiva de radiología verde, actuando en todas las fases del mismo (fig. 3).
 - *En la fase 1: concepto - necesidad.* Es importante introducir el concepto de «compra verde»¹³ basado en la incorporación de requerimientos y especificaciones medioambientales en la valoración de los contratos de suministro, obras y servicios, tales como optimización de la eficiencia energética, uso de productos reutilizables, empleo de energías renovables, minimización de emisiones y adecuada gestión de residuos.
 - *En la fase 2: adquisición.* Priorizar el uso de equipos de radiología de bajo consumo energético. Los nuevos equipos radiológicos se están diseñando para consumir menos energía y ser más eficientes¹⁴. Es importante planificar para qué se va a utilizar la modalidad y adaptar el equipo a las necesidades del centro, ya que las tecnologías de imagen avanzadas consumen más energía: una RM de 3,0 Teslas (T) consume más energía que una de 1,5 T, y una TC de 256 cortes consume más que una de 64 cortes¹². Un estudio demostró que la ecografía, con respecto a la TC y RM, tiene menor impacto ambiental

en términos de consumo de energía y emisiones contaminantes, tanto en la fase de producción como en la de uso¹⁵.

- *En la fase 3: operativa.* El mantenimiento regular de los equipos reduce la necesidad de reposición de piezas costosas, prolonga la vía útil de los aparatos y mejora la eficiencia de los equipos, reduciendo su consumo energético¹⁶.
 - *En la fase 4: reacondicionamiento.* Los fabricantes de equipos y radiólogos pueden optar por explorar la opción de reacondicionar los equipos para su aprovechamiento, elección amigable con el medio ambiente, siguiendo el principio de reciclaje y reutilización¹⁷.
 - *En la fase 5: retirada de equipos.* Cuando no se puedan reacondicionar para su reutilización, se debe llevar a cabo cumpliendo con la legislación vigente, especialmente la relativa a radiaciones ionizantes¹⁸. En caso de donación, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado unas directrices al respecto¹⁹.
- b. Apagado de los equipos radiológicos, ordenadores y estaciones de trabajo cuando no se están utilizando²⁰⁻²⁶.

En el año 2020, se ha estimado que la pérdida de energía por el no apagado de equipos de radiología en Europa es de 49 teravatios-hora (TWh). El consumo de 32 estaciones de trabajo por año es de 53.000 kilovatios-hora (kWh): equivalente a 100 barriles de petróleo, calculándose que el

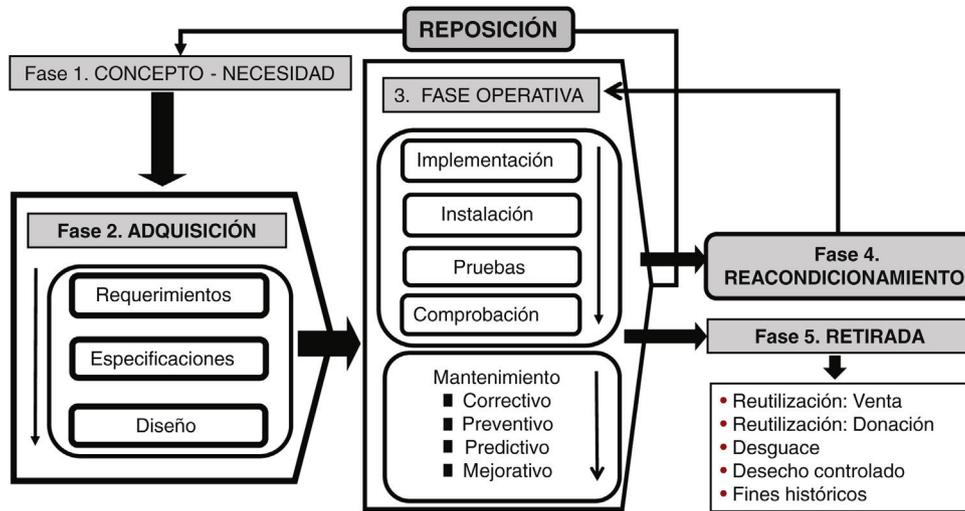


Figura 3 Ciclo de vida de los equipos de radiología.

apagado de las consolas después de utilizarlas supondría un ahorro energético del 45%¹¹. Para la TC, dos tercios del consumo de energía tienen lugar durante el estado de sistema inactivo no productivo y en la RM un tercio del consumo de energía se atribuyó al no apagado¹².

Es primordial asegurarse de que los equipos se apaguen completamente una vez acabada la jornada de trabajo y no permanezcan en modo espera o reposo^{21,23,24}. Esta medida afecta no solo a las modalidades radiológicas (TC, RM, ecógrafos), sino también a los ordenadores y estaciones de trabajo utilizados por el personal sanitario y administrativo.

- c. Utilización de luces sensibles al movimiento y las lámparas de diodos emisores de luz (LED).

El diseño de iluminación hospitalaria debe encontrar un equilibrio entre el rendimiento visual, confort visual y la eficiencia energética²⁷. El empleo de luces sensibles al movimiento y la utilización de lámparas LED reducen significativamente el consumo de energía^{28,29}.

- d. Control de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

La calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA) en los servicios de radiología generan un importante consumo de energía. La mayoría de los equipos de radiología, para que sean operativos, deben mantenerse a una temperatura constante controlada por los sistemas CVAA. El consumo de energía de los sistemas de enfriamiento comprende casi el 50% de la energía total, y la mayor parte del consumo de energía, aproximadamente dos tercios, tiene lugar durante el estado inactivo del sistema²⁰. La práctica de la radiología intervencionista (RVI) genera volúmenes sustanciales de GEI, la mayoría de los cuales provienen de la energía utilizada para mantener el control climático³⁰. El modo de espera para las estaciones de trabajo genera un exceso de producción de calor que puede causar un uso excesivo de CVAA para mantener las temperaturas de funcionamiento, aumentando el consumo⁸.

Reducción del consumo de agua

La disponibilidad de los recursos hídricos está disminuyendo significativamente.

El consumo de agua se puede reducir sustituyendo el lavado de manos quirúrgico con desinfectantes para manos a base de alcohol y utilizando diseños de grifos que reduzcan su volumen (sistemas de pedal, activado por movimiento temporizado, grifo de palanca de codo de alto flujo etc.)³¹.

Reducción del uso de productos químicos: utilización de helio

En la RM, se puede actuar eliminando o reduciendo su consumo de helio líquido criogénico como recurso no renovable³². Actualmente, los nuevos equipos de RM no requieren prácticamente helio o al menos no requieren recarga del mismo³³.

Reciclar y/o eliminar adecuadamente los desechos y residuos

Se habla de basura o desecho para identificar aquellos materiales sobrantes que aparentemente no pueden ser usados nuevamente. El término «residuo» sirve para identificar aquellos materiales que pueden tener valor en sí mismos al ser reutilizados o reciclados. Siguiendo la política de los tres «R» (reducción, reutilización, reciclaje) se pueden llevar a cabo pequeñas acciones a nivel local con impacto a nivel global.

Cursos de acción recomendados:

Fomentar el uso de materiales reutilizables

Fomentar el uso de materiales reutilizables, como los protectores de plomo y delantales. Los productos desechables de un solo uso son mucho más contaminantes (uso petroquímico y emisiones globales de GEI)³⁴.

Reducción o mejor eliminación de los materiales

Reducción o mejor eliminación de los materiales no reutilizables, como las bolsas de plástico. En este aspecto estamos ante una obligación legal³⁵.

Utilización de materiales biodegradables

Un servicio de radiología puede utilizar centenares de vasos al día y sería recomendable utilizar aquellos compuestos de material bioplástico (maicena) para reemplazar los convencionales de espuma de poliestireno, plástico e incluso papel³⁶.

Reducción del uso de papel

El consumo y usos de papel y cartón se ha ido incrementando en los últimos años de forma continua. En España el consumo medio de papel per cápita ha pasado de 116 kg anuales por habitante a principios de los años noventa a los actuales 176 kg anuales por habitante³⁷. En un entorno digital, la orientación de todos los centros sanitarios y de los servicios debería ser la eliminación de las peticiones e informes en papel, sustituyendo esta práctica por la comunicación informática⁸.

Separación adecuada de residuos

Esta separación requiere la colocación de contenedores de reciclaje debidamente etiquetados fuera de cada sala de radiología y áreas de personal para recibir los desechos biodegradables por separado. Actualmente hay 14 comunidades autónomas (CC.AA.) que tienen una legislación aprobada que regula su gestión³⁸. La eliminación de desechos relacionados con los procedimientos de radiología vascular intervencionista (RVI) es un elemento crítico por su volumen e importancia³¹. Merecería un estudio pormenorizado fuera del alcance de esta publicación.

La gestión de los residuos derivados del desmantelamiento de las modalidades que emitan radiaciones ionizantes debe realizarse de manera segura y adecuada, siguiendo la normativa y regulación vigente¹⁸.

Reducción y gestión de productos farmacéuticos: medios de contraste (especialmente de compuestos que contienen gadolinio)

El objetivo es la reducción de la contaminación en fuentes hídricas y en los suelos por trazas de gadolinio y medios de contraste iodados.

- Gadolinio.

El uso de agentes de contraste basados en gadolinio genera contaminación de los sistemas acuáticos de agua dulce, de consumo y riego³⁹. En un estudio realizado en 6 ciudades alemanas, se ha objetivado que existen trazas de este elemento en refrescos de cola comprados en restaurantes de conocidas franquicias de comida rápida⁴⁰. Su efecto contaminante está asociado directamente con el mayor número de RM realizadas y se estima en 2,7 kg por RM año⁴¹.

El 15% de los volúmenes de agentes de contraste basados en gadolinio contenidos en las jeringas no se utilizan y acaban en la basura, es decir, el equivalente a dos camiones cisterna por año. Asimismo, el 85% del gadolinio presente en los medios de contraste, que es eliminado por vía urinaria, se vierte al medio ambiente (ríos, aguas subterráneas, océanos)^{11,42,43}.

Los cursos de acción^{11,41} que se recomiendan son: acotar las indicaciones de su prescripción, limitar el volumen de contraste empleado, reciclar las dosis no utilizadas, sustituir

las dosis precargadas por envases grandes (respetando las condiciones de la seguridad sanitaria), e implantar sistemas de recuperación de la orina del paciente.

- Yodo.

La presencia de medios de contraste que contienen yodo y sus productos de biotransformación en el ciclo urbano del agua está documentada⁴⁴. Su entrada continua al ciclo del agua y la formación de subproductos tóxicos constituye un riesgo potencial a largo plazo para los organismos vivos⁴⁵. Estos productos representan hasta el 80% de los residuos farmacéuticos totales de un hospital⁴⁶. La mayoría de las recomendaciones referidas al gadolinio también deben aplicarse a los medios de contraste yodados^{11,47}.

Reducción del impacto ambiental de las radiaciones ionizantes

Garantizar la seguridad de los pacientes a través de la correcta aplicación de los principios de radioprotección no solo es uno de los fundamentos de nuestra especialidad, también tiene un indudable impacto medioambiental y su adecuada gestión contribuye a la radiología verde. El acto radiológico cuando utiliza radiaciones ionizantes es el acto médico más regulado (junto a radioterapia y medicina nuclear). En la [tabla 1](#) se detallan las principales normas de radioprotección^{18,48-51}, con las acciones e indicadores que tienen repercusión medioambiental.

- *Principio de justificación*. La no realización de procedimientos no indicados contribuye a la disminución de la huella de carbono (ahorro de energía) y huella hídrica (medios de contraste iodados). Los resultados de un reciente artículo de revisión⁵² muestran que el 40% de las TC y el 44% de las radiografías simples no estaban justificadas, y una auditoría nacional en Luxemburgo sobre la adecuación de los exámenes de TC evidenció que el 39% de sus solicitudes no estaban justificadas⁵³. Es conocido que la TC es la principal fuente artificial de radiación a la que está expuesta la población^{54,55}, y los esfuerzos en la aplicación de la justificación se deben dirigir especialmente a este tipo de solicitudes.
- *Principio de optimización*⁵⁶. La aplicación del criterio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), siempre que se garantice la calidad de la imagen, también reduce la cantidad de exposición (energía) necesaria y al mismo tiempo evita la repetición de procedimientos. Es importante tener en cuenta que la recogida de los indicadores de «tasa de rechazo o repetición de imágenes» y de «calidad de imagen» son obligaciones legales recogidas en el Real Decreto 1976/1999 de calidad⁴⁸.
- *Actuar sobre el ciclo de vida de los equipos*. La gestión adecuada de la obsolescencia de los equipos y su renovación en tiempo adecuado⁵⁷ también contribuye a que sean más eficientes y reduzcan su huella de carbono. Los equipos más modernos, además de disminuir el consumo energético, también reducen la emisión de radiación²⁰.
- *La formación y capacitación del personal*. La Administración Sanitaria y, en particular, las Consejerías de Sanidad de las CC.AA. deben formar al médico prescriptor, al radió-

Tabla 1 Normativa radioprotección radiología verde: aspectos medioambientales

Normativa	Aspectos medioambientales
Real Decreto 1085/2009 , de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico ¹⁸	Regula: - Programa de protección radiológica (PPR) - Aspectos legales del ciclo de vida de los equipos radiológicos
Real Decreto 1976/1999 , de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico ⁴⁸	Regula: - Programa de garantía de calidad (PGC) - Indicador de dosis a pacientes - Indicador de tasa de repetición de imágenes
Real Decreto 601/2019 , de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas ⁴⁹ Es la Transposición parcial de la Directiva 2013/59/Euratom ⁵⁰	Regula los principios de: - Justificación - Optimización - Control de dosis: Niveles de referencia para diagnóstico (NRD) - Limitación de dosis
Real Decreto 1029/2022 , de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes ⁵¹ Es Transposición parcial de la Directiva 2013/59/Euratom ⁵⁰	Regula: - Indicador de dosis a pacientes - Indicador de dosis a profesionales expuestos

logo y al técnico⁵⁸ sobre la aplicación de estos principios y el conocimiento de la legislación vigente en materia de protección radiológica del paciente.

Promoción de prácticas de radiología ecológicas

Implica fomentar prácticas en las que los radiólogos puedan obtener una nueva comprensión y apreciación de los aspectos de su trabajo que puedan hacerlo más sostenible⁵⁹.

- *Capacitar al personal*: los profesionales deben tomar conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad ambiental y cómo se pueden implementar prácticas ecológicas en radiología.
- *Promover la conciencia ambiental entre los pacientes*: los pacientes deben ser educados sobre la importancia de estas prácticas, indicándoles cómo pueden colaborar en la reducción de residuos y emisiones de carbono. Existen programas de educación al público en general sobre cómo pueden colaborar para promover la sostenibilidad medioambiental⁶⁰.
- *Fomentar la telerradiología*: tiene como objetivo disminuir los desplazamientos con la correspondiente reducción de la huella de carbono⁶¹. La pandemia de COVID-19 impulsó el desarrollo del teletrabajo, con el consecuente impacto medioambiental favorable, aunque temporal, durante los meses de confinamiento⁶².
- *Organizar cursos/congresos médicos* que incluyan formato *online*. Estos eventos son otra fuente de huella de carbono importante por los desplazamientos, alojamiento y manutención de los participantes, por lo que la posibilidad de incluir esta modalidad de asistencia disminuiría el impacto ambiental. El uso en estas reuniones del mínimo material necesario y que este sea biodegradable (uso de vasos reciclables, disminuir publicidades en papel) favorece la disminución de la huella de carbono⁸.

- *Fomentar la movilidad sostenible*: promoviendo el uso de transporte público, vehículos compartidos, bicicletas, desplazamientos a pie, y generando una conciencia colectiva sobre contar con un aire más limpio, vías menos congestionadas, menor accidentalidad y profesionales menos sedentarios⁶³.

Mejora continua e indicadores

La aplicación del aforismo «Lo que no se mide no se conoce, lo que no se conoce no se gestiona y lo que no se gestiona, no se puede mejorar» obliga a desplegar un sistema de indicadores y un cuadro de mando medioambiental que permita la medición de la eficiencia en la gestión de los recursos, monitorización de los indicadores ambientales y evaluación de los objetivos planteados.

La huella de carbono

La huella de carbono es un indicador de la cantidad de GEI expresada en términos de CO₂ equivalentes, emitida a la atmósfera por un individuo, organización, proceso, producto o evento dentro de un límite definido. Los tipos y el alcance de las emisiones se ilustran en la [figura 4](#). Su cálculo permite estimar el impacto producido sobre el ambiente y conocer las fuentes importantes de emisión, pudiendo evaluar estrategias de reducción, compensación y/o mitigación.

La huella de carbono de una organización (p.ej., servicio de radiología) mide la totalidad de GEI expresada en kg CO₂ equivalente, emitidos por efecto directo o indirecto, provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización. Para ello, el Ministerio para la Transición Ecológica tiene publicada una guía para el cálculo de la huella de carbono⁶⁴.

Tabla 2 Indicadores medioambientales en radiología I

Nombre del indicador	Algoritmo o dato numérico	Unidades	Ámbito	Fuente de información	Periodo
<i>Eje 1. Reducir el consumo de energía y otros recursos</i>					
Criterios de compra verde	(N.º de expedientes con especificaciones de compra verde / n.º total de expedientes) × 100	%	Contratos de compras	Expedientes de contratación	Anual
Mantenimiento preventivo	(N.º de contratos con mantenimiento preventivo / n.º total de contratos de modalidades y estaciones de trabajo) × 100	%	Contratos de compras	Expedientes de contratación	Anual
Mantenimiento predictivo o mejorativo	(N.º de contratos con mantenimiento predictivo o mejorativo / n.º total de contratos de modalidades y estaciones de trabajo) × 100	%	Contratos de compras	Expedientes de contratación	Anual
Consumo total de energía eléctrica	Megavatio-hora (MWh)	MWh	Servicio de radiología	Hospital	Anual Análisis trimestral
Apagado de equipos y estaciones de trabajo	(N.º de equipos apagados / n.º total de equipos) × 100	%	Servicio de radiología	Control tras finalizar turno mañana y tarde	1 vez al mes
Consumo de agua	Metro cúbico (m ³)	m ³	Servicio de radiología	Hospital	Anual Análisis trimestral
<i>Eje 2. Minimización de los desechos y residuos</i>					
Producción de residuos no peligrosos	Toneladas de residuos	Tn	Servicio de radiología	Hospital	Anual Análisis trimestral
Cantidad de residuos reciclables aprovechados	(kg de residuos reciclables aprovechados / kg totales de residuos ordinarios producidos) × 100	%	Servicio de radiología	Hospital	Anual Análisis trimestral
Producción de residuos peligrosos	kg de residuos	kg	Servicio de radiología	Hospital	Anual Análisis trimestral
Actividades realizadas del programa de gestión integral de residuos	N.º de actividades realizadas	N.º	Servicio de radiología	Servicio de radiología	Anual

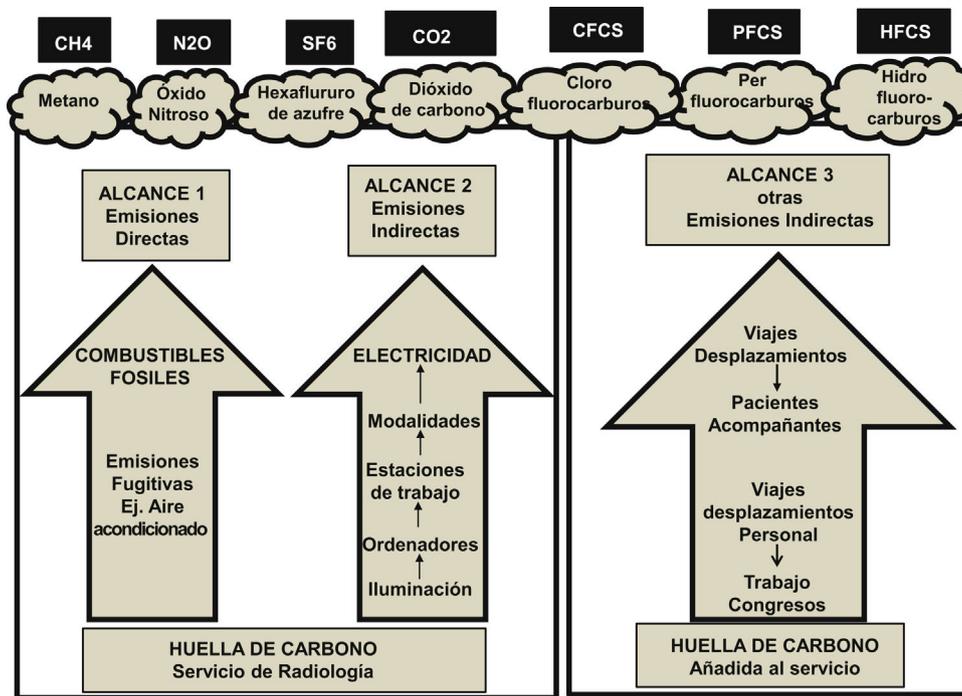


Figura 4 Cálculo de la huella de carbono en un servicio de radiología.

Resto de indicadores

Otros indicadores que hacen referencia a la eficiencia energética, la gestión de desechos y residuos, el impacto ambiental de las radiaciones ionizantes y la práctica de radiología ecológica se ilustran en las [tablas 2 y 3](#).

Iniciativas a nivel mundial en radiología verde

Estos proyectos buscan reducir el impacto medioambiental y promover la colaboración entre radiólogos, fabricantes de equipos y organizaciones de salud.

- Compromiso de la Sociedad Internacional de Radiología (ISR) con la sostenibilidad⁶⁵. En 2019, la ISR lanzó un compromiso con la sostenibilidad, con el que se comprometió a promover la sostenibilidad en la práctica radiológica y a reducir su impacto ambiental, incluyendo la promoción de la educación, investigación y colaboración, así como la implementación de prácticas sostenibles en la práctica radiológica.
- Certificaciones de hospitales verdes. A nivel mundial, existen programas de certificación de hospitales verdes. Por ejemplo, el programa *Green Health Partnerships* de la OMS⁶⁶ incluye criterios como la reducción de la dosis de radiación y la gestión adecuada de los residuos radiactivos.
- También se han creado redes de hospitales, como *Global Green and Healthy Hospitals (GGHH)*⁶⁷, que conectan profesionales alrededor del mundo, ofreciendo a sus miembros programas sobre el campo de la atención sanitaria sostenible e incluso generan iniciativas que reúnen al sector sanitario mundial para abordar cuestiones medioambientales.

Iniciativas europeas en radiología verde

En Europa, se están implementando prácticas de radiología verde para reducir el impacto ambiental de la radiología y promover su práctica sostenible. Algunas de las iniciativas más destacadas son:

- Sociedad Europea de Radiología (ESR)⁶⁸. La ESR lanzó su Programa de Radiología Verde en 2014, con el objetivo de promover la sostenibilidad en la práctica radiológica mediante la creación de directrices y recomendaciones, promoción de la investigación y desarrollo de herramientas de evaluación.
- Hospital Universitario de Ginebra (Suiza): este hospital ha implementado un programa de radiología verde que incluye el uso de tecnologías de imagen digitales, la reducción de la dosis de radiación y la implementación de medidas de ahorro energético⁶⁹.
- Hospital Universitario de Copenhague (Dinamarca): ha implementado prácticas de radiología verde que incluyen la implementación de programas de reciclaje y eliminación de residuos adecuados, el uso de equipos de iluminación LED y la desconexión de equipos de radiología cuando no se están usando⁷⁰.

Iniciativas españolas en radiología verde

La radiología verde es una práctica cada vez más extendida en nuestro país, donde existen varias iniciativas y prácticas en el ámbito de la radiología verde. Algunos ejemplos son:

- Diferentes centros hospitalarios españoles, entre ellos el Hospital Clínic de Barcelona o el Hospital de La Paz en

Tabla 3 Indicadores medioambientales en radiología II

Nombre del indicador	Algoritmo o dato numérico	Unidades	Ámbito	Fuente de información	Periodo
<i>Eje 3. Reducción del impacto ambiental de las radiaciones ionizantes</i>					
Tasa de rechazo de imágenes	(N.º radiografías rechazadas / n.º de radiografías realizadas) × 100	%	Salas y turnos	Registro modalidades	Semestral
Calidad de imagen	(N.º exploraciones con calidad aceptable / n.º total de exploraciones) × 100	%	Tipo de exploración	Muestreo	Anual
Dosis impartidas a pacientes	(N.º exploraciones que superan la dosis / n.º total de exploraciones) × 100	%	Tipo de exploración	Muestreo	Anual
Dosis impartidas a profesionales	Dosis de radiación en mSv	mSv	Personal tipo A	Dosimetría oficial	Anual
<i>Eje 4. Promoción de prácticas de radiología ecológicas</i>					
Actividades de promoción de prácticas de radiología ecológicas	N.º de actividades realizadas	N.º	Servicio de radiología	Servicio de radiología	Anual
Uso de telerradiología	(N.º exploraciones informadas por telerradiología / n.º total de exploraciones) × 100	%	Servicio de radiología	RIS	Anual
Actividades de formación continuada no presenciales	N.º de actividades realizadas	N.º	Servicio de radiología	Servicio de radiología	Anual
Uso de vehículos compartidos, bicicletas o andando	N.º de profesionales que comparten coche y se desplazan en bicicleta o andando	N.º	Servicio de radiología	Servicio de radiología	Anual

RIS: Sistema de información radiológica.

Madrid, han implementado distintas iniciativas para reducir el impacto ambiental de su actividad^{71,72}.

- Equipos más eficientes. Modernizar los equipos de radiología sustituyendo aquellos obsoletos por alternativas más eficientes energéticamente ha formado parte de varios planes de innovación, tales como el reciente Plan de Inversión en alta tecnología - INVEAT⁷³ financiado esencialmente con fondos europeos, que se está ultimando este año 2023. La adopción de equipos con tecnología de última generación no solo reduce el impacto ambiental, sino que también puede mejorar la calidad de la imagen y reducir la dosis de radiación necesaria.

Conclusión

La radiología verde es un enfoque innovador para reducir el impacto ambiental de las prácticas radiológicas. A medida que los profesionales de la salud adoptan prácticas más sostenibles, se reducen los desechos y las emisiones de radiación, promoviendo la eficiencia energética y adoptando prácticas más ecológicas en la radiología. Estos esfuerzos

son necesarios para preservar la salud del medio ambiente y garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras.

Financiación

Este trabajo no ha estado financiado.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: SL, AM, AR
2. Concepción del estudio: SL, AM, AR
3. Diseño del estudio: SL, AM, AR
4. Obtención de los datos: SL, AM, AR
5. Análisis e interpretación de los datos: SL, AM, AR
6. Tratamiento estadístico: NA
7. Búsqueda bibliográfica: SL, AM, AR
8. Redacción del trabajo: SL, AM, AR
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: SL, AM, AR
10. Aprobación de la versión final: SL, AM, AR

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses por parte de ninguno de los autores.

Bibliografía

- NASA. La NASA afirma que 2022 es el quinto año más cálido registrado. Washington: NASA; 12 Ene 2023 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: www.nasa.gov/press-release/2022-quinto-mas-calido-registrado.
- Organización de las Naciones Unidas – ONU. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York: ONU; 1992 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- Álvarez-Miño L, Taboada-Montoya R. Efectos del cambio climático en la salud pública, 2015-2020. Una revisión sistemática. *Rev Esp Salud Publica*. 2021;95:1–19.
- Chung JW, Meltzer DO. Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector. *JAMA*. 2009;302:970–2, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2009.1610>.
- Eckelman MJ, Huang K, Lagasse R, Senay E, Dubrow R, Sherman JD. Health Care Pollution And Public Health Damage In The United States: An Update. *Health Aff (Millwood)*. 2020;39:2071–9.
- Eckelman MJ, Sherman J. Environmental impacts of the U.S. health care system and effects on public health. *PLoS One*. 2016;9:11–6, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0157014>.
- Barashbla D, Webel C. *Peace and Conflict*. 1th. ed. London: Routledge; 2011.
- Sumner C, Ikuta I, Garg T, Martin JG, Mansoori B, Chalian M, et al. Approaches to Greening Radiology. *Acad Radiol*. 2023;30:528–35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2022.08.013>.
- Reeves K. It's Not Hard Being Green: How Radiology Is Investing in a Sustainable Future. *Appl Radiol*. 2023;52:30–2.
- AQUAE Fundación. La huella hídrica, de carbono y ecológica. Madrid [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/las-tres-huellas-que-debes-conocer-para-conseguir-un-mundo-mejor/>.
- Kovacsik H, Adamsbaum C, Barrat J-A, Ben Salem D, Loïc Bousset, Chevillotte J. Le livre blanc Radiologie et Écoresponsabilité. Sur la voie de la Green Radiology. Société Française de Radiologie et d'Imagerie Médicale. Paris: SFR; Diciembre 2021 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.radiologie.fr/sites/www.radiologie.fr/files/medias/documents/Livret%20blanc%20-%20version%20web%2010%20dec%202021...pdf>.
- Heye T, Knoerl R, Wehrle T, Mangold D, Cerminara A, Loser M, et al. The Energy Consumption of Radiology: Energy- and Cost-saving Opportunities for CT and MRI Operation. *Radiology*. 2020;295:593–605, <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2020192084>.
- European Commission. Buying green! A handbook on environmental public procurement. European Commission. Luxembourg; Ed Publications Office of the European Union; 2016 [consultado 10 May 2023]. Disponible en: https://sustainable-procurement.org/fileadmin/user_upload/layout/Documents/Buying-Green-Handbook-3rd-Edition.pdf
- Qureshi AS, Nawab A. The role of engineers in sustainable development. In *Proceedings of the Symposium on Role of Engineers in Economic Development and Policy Formulation*, Lahore, Pakistan; 2013. pp. 105-114 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://pecongress.org.pk/images/upload/books/10-311%20Role%20of%20Sustainable%20Dr.pdf>.
- Martin M, Mohnke A, Lewis GM, Dunnick NR, Keoleian G, Maturen KE. Environmental Impacts of Abdominal Imaging: A Pilot Investigation. *J Am Coll Radiol*. 2018;15:1385–93, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2018.07.015>.
- Liu B, Tong L, Liu Y, Guo Z. Maintenance and Management Technology of Medical Imaging Equipment Based on Deep Learning. *Contrast Media Mol Imaging*. 2022;1:1–9 <https://doi.org/10.1155/2022/6361098>
- European Coordination Committee of the Radiological, Electro-medical and Healthcare IT Industry (COCIR), Japan Industries Association of Radiological Systems (JIRA), Medical Imaging & Technology Alliance United States (MITA). Green Paper on Good Refurbishment practice for medical imaging equipment. 12 abril 2018 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: https://www.cocir.org/fileadmin/6.1_Initiatives_Refurbishment/Good_Refurbishment_Practice_V2.pdf.
- España. Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. BOE núm. 173, de 18 de julio de 2009, pp. 60188-60211.
- World Health Organization. Guidelines for health care equipment donations. Ginebra: WHO; Marzo 2000 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70806/WHO_ARA_97.3_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Esmaili A, Twomey JM, Overcash MR, Soltani SA, McGuire C, Ali K. Scope for energy improvement for hospital imaging services in the USA. *J Health Serv Res Policy*. 2015;20:67–73, <http://dx.doi.org/10.1177/1355819614554845>.
- Hainc N, Brantner P, Zaehring C, Hohmann J. Green fingerprint” project: evaluation of the power consumption of reporting stations in a radiology department. *Acad Radiol*. 2020;27:1594–600, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2019.11.011>.
- Prasanna PM, Siegel E, Kunc A. Greening radiology. *J Am Coll Radiol*. 2011;8:780–4, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2011.07.017>.
- Büttner L, Posch H, Auer TA, Jonczyk M, Fehrenbach U, Hamm B, et al. Switching off for future-Cost estimate and a simple approach to improving the ecological footprint of radiological departments. *Eur J Radiol*. 2020;31:8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejro.2020.100320>.
- McCarthy CJ, Gerstenmaier JF, O’Neil AC, McEvoy SH, Hegarty C, Heffernan EJ. EcoRadiology–pulling the plug on wasted energy in the radiology department. *Acad Radiol*. 2014;12:1563–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2014.07.010>.
- Esmaili MA, Jahromi A, Twomey J, Overcash M, Elsen T, Domínguez F. et al. Energy consumption of VA hospital CT scans. Proceedings of the 2011 IEEE international symposium on sustainable systems and technology. 2011: pp. 1-5 [consultado 23 May 2023]. Disponible en: <https://soar.wichita.edu/handle/10057/4469>.
- Esmaili MA, Jahromi A, Twomey J, Yildirim B, Overcash M, Domínguez F, et al. Hospital radiology department overhead energy estimation. Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, ISSST. 2011:1–6, <http://dx.doi.org/10.1109/ISSST.2011.5936896>.
- Teke A, Timur O. Overview of energy savings and efficiency strategies at the hospitals. *Int J Econ Manag Eng*. 2014;8:242–8.
- Tomson C. Reducing the carbon footprint of hospital-based care. *Future Hosp J*. 2015;2:57–62, <http://dx.doi.org/10.7861/futurehosp.2-1-57>.
- Soltic S, Chalmers A. Optimization of LED Lighting for Clinical Settings. *J Healthc Eng*. 2019;27:1–8, <http://dx.doi.org/10.1155/2019/5016013>.
- Chua A, Amin R, Zhang J, Thiel CL, Gross JS. The environmental impact of interventional radiology: an evaluation of greenhouse gas emissions from an academic interventio-

- nal radiology practice. *J Vasc Interv Radiol.* 2021;32:907–15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvir.2021.03.531>.
31. Shum PL, Kok HK, Maingard J, Zhou K, van Damme V, Barras CD, et al. Sustainability in interventional radiology: are we doing enough to save the environment? *CVIR Endovasc.* 2022;5:60 <https://doi.org/10.1186/s42155-022-00336-9>
 32. Murphy H Arizona State University home to new 9.4T cryogen-free MRI system. *Innovate Healthcare*; 2022 [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.healthimaging.com/topics/magnetic-resonance-imaging/arizona-state-university-94t-cryogen-free-mri>.
 33. LBN Medical. Liquid Helium in MRI Machines: Price, Use, and More [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: <https://lbnmedical.com/liquid-helium-in-mri-machine/>.
 34. MacNeill AJ, Hopf H, Khanuja A, Alizamir S, Bilec M, Eckelman MJ, et al. *Transforming The Medical Device Industry: Road Map To A Circular Economy.* *Health Aff (Millwood).* 2020;39:2088–97.
 35. España. Real Decreto 293/2018, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores. BOE núm.122, de 19 de mayo de 2018, pp. 52591-5260.
 36. Chawla A, Chinchure D, Marchinkow LO, Munk PL, Peh WCG. Greening the Radiology Department: Not a Big Mountain to Climb. *Can Assoc Radiol J.* 2017;68:234–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.carj.2016.10.009>.
 37. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. España. Papel y cartón. ¿Cuánto y dónde se genera? [consultado 15 May 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/papel-y-carton/cuanto-donde-se-genera.html>
 38. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. España. Residuos sanitarios [consultado 13 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/residuos-sanitarios.html>
 39. Brünjes R, Hofmann T. Anthropogenic gadolinium in freshwater and drinking water systems. *Water Res.* 2020;182:1–10 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115966>
 40. Schmidt K, Bau M, Merschel G, Tepe N. Anthropogenic gadolinium in tap water and in tap water based beverages from fast-food franchises in six major cities in Germany. *Sci Total Environ.* 2019;687:1401–8 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.075>
 41. Ognard J, Barrat JA, Cotton F, Mian A, Kremer S, Sitoh YY, et al. A roadmap towards pollution prevention and sustainable development of Gadolinium. *J Neuroradiol.* 2021;48:409–11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neurad.2021.08.002>.
 42. Rogowska J, Olkowska E, Ratajczyk W, Wolska L. Gadolinium as a new emerging contaminant of aquatic environments. *Environ Toxicol Chem.* 2018;37:1523–34, <http://dx.doi.org/10.1002/etc.4116>.
 43. Trapasso G, Chiesa S, Freitas R, Pereira E. What do we know about the ecotoxicological implications of the rare earth element gadolinium in aquatic ecosystems? *Sci Total Environ.* 2021;10:146273, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146273>.
 44. Kormos JL, Schulz M, Ternes TA. Occurrence of iodinated X-ray contrast media and their biotransformation products in the urban water cycle. *Environ Sci Technol.* 2011;45:8723–32, <http://dx.doi.org/10.1021/es2018187>.
 45. Nowak A, Pacek G, Mroziak A. Transformation and ecotoxicological effects of iodinated X-ray contrast media. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2020;19:337–54 <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09534-0>
 46. Kovalova L, Siegrist H, Singer H, Wittmer A, McDell CS. Hospital wastewater treatment by membrane bioreactor: performance and efficiency for organic micro-pollutant elimination. *Environ Sci Technol.* 2012;46:1536–45 <https://doi.org/10.1021/es203495d>
 47. Jomaah R, Barrat JA, Tripier R, Ognard J, Ammari S, Ben Salem D. Iodine footprint: Moving towards environmental responsibility. *J Neuroradiol.* 2023;50:1–2, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neurad.2022.11.002>.
 48. España. Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. BOE núm. 311, de 29 de diciembre de 1999, pp. 45891-45900.
 49. España. Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. BOE núm. 262, de 31 de octubre de 2019, pp. 120840-120856.
 50. Unión Europea. 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. DOUE núm. 13, de 17 de Ene de 2014, pp 1-73.
 51. España. Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. BOE núm. 305, de 21 de diciembre de 2022, pp. 178672-178732.
 52. Walther F, Eberlein-Gonska M, Hoffmann RT, Schmitt J, Blum SFU. Measuring appropriateness of diagnostic imaging: a scoping review. *Insights Imaging.* 2023;14:62, <http://dx.doi.org/10.1186/s13244-023-01409-6>.
 53. Bouëtté A, Karoussou-Schreiner A, Ducou Le Pointe H. National audit on the appropriateness of CT and MRI examinations in Luxembourg. *Insights Imaging.* 2019;10:54 <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0731-9>
 54. Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources: 1950-2007. *Radiology.* 2009;253:520–31 <https://doi.org/10.1148/radiol.2532082010>
 55. Kalra MK, Sodickson AD, Mayo-Smith WW. CT radiation: key concepts for gentle and wise use. *RadioGraphics.* 2015;35:1706–21 <https://doi.org/10.1148/rg.2015150118>
 56. Parakh A, Kortensniemi M, Schindera ST. CT Radiation Dose Management: A Comprehensive Optimization Process for Improving Patient Safety. *Radiology.* 2016;280:663–73 <https://doi.org/10.1148/radiol.2016151173.18>
 57. European Society of Radiology (ESR). Renewal of radiological equipment. *Insights Imaging.* 2014;5:543–6, <http://dx.doi.org/10.1007/s13244-014-0345-1>.
 58. Arranz L. Informe de factores de riesgo ambientales Radiaciones Ionizantes y Salud. 7 noviembre 2007 [consultado 25 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/radiacionesionizantesSalud.pdf>.
 59. Perez JL, Gunderman RB. The Need for an Ecologic Understanding of Radiology Practice. *AJR.* 2021;216:844–6, <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.20.22919>.
 60. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Programas de educación ambiental [consultado 25 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/programas-de-otras-entidades/>.
 61. Purohit A, Smith J, Hibble A. Does telemedicine reduce the carbon footprint of healthcare? A systematic review. *Future Healthcare J.* 2021;8:85–91, <http://dx.doi.org/10.7861/fhj.2020-0080>.

62. Martín-Noguerol T, Lopez-Ortega R, Ros PR, Luna A. Teleworking beyond teleradiology: managing radiology departments during the COVID-19 outbreak. *Eur Radiol.* 2021;31:601–4, <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-020-07205-w>.
63. Woolen SA, Kim CJ, Hernandez AM, Becker A, Martin AJ, Kuoy E, et al. Radiology Environmental Impact: What Is Known and How Can We Improve? *Acad Radiol.* 2023;30:625–30, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2022.10.021>.
64. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. España. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica [consultado 21 Mar 2023]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf.
65. The International Society of Radiology (ISR). Quality and Safety. ISR Quality and Safety Alliance (ISRQSA). Reston: ISR [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.isradiology.org/quality>.
66. World Health Organization (WHO). Partnerships for Action on Climate Change and Health. Ginebra: WHO [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/climate-change-and-health/advocacy-partnerships/partnerships-for-action-on-climate-change-and-health>.
67. Global Green and Healthy Hospitals (GGHH). Act together for environmental health [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: <https://greenhospitals.org/>.
68. European Society of Radiology (ESR). Green Radiology Program of the European Society of Radiology (ESR). Viena [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: https://connect.myesr.org/?esrc_course=the-green-radiology-department.
69. Geneva Sustainability Centre [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: <https://ihf-fih.org/what-we-do/geneva-sustainability-centre/>.
70. Healthcare Denmark. Denmark sets ambitious goals for green hospitals in 2030. Copenhagen [consultado 24 May 2023]. Disponible en: https://www.healthcaredenmark.dk.translate.google.com/news/denmark-sets-ambitious-goals-for-green-hospitals-in-2030/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc.
71. Hospital Clínic. El Clínic comprometido con los Objetivos de Desarrollo Sostenible durante la crisis de la COVID-19. Barcelona. 22 junio 2020 [consultado 1 Abr 2023]. Disponible en: www.clinicbarcelona.org/noticias/el-clinic-comprometido-con-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-durante-la-crisis-de-la-covid-19.
72. Hospital Universitario la Paz. Desarrollo Sostenible y Agenda 2030. Madrid [consultado 1 Abr 2023]. Disponible en: www.comunidad.madrid/hospital/lapaz/nosotros/agenda-2030.
73. Ministerio de Sanidad. España. Inversión en equipos de alta tecnología sanitaria en el Sistema Nacional de Salud (INVEAT). Ministerio de Sanidad; 2021 [consultado 30 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/prestacionesSanitarias/PlanINVEAT/pdf/Plan.INVEAT.pdf>.