

37 Congreso
Nacional
CENTRO DE
CONVENCIONES
INTERNACIONALES

Barcelona
22/25
MAYO 2024

seram

FERM

RC
RADIOLEUS
DE CATALUNYA

Cómo reducir la huella de CO2 en un hospital comarcal

Sara Redón Sebastián, Luisa Londoño Villa, Maria Angeles Berbis Garnes, Monica Ferrer Castilla, Rosario Aguilar Catala, Enrique Garcés Iñigo

Hospital de Sagunto
Valencia

OBJETIVO DOCENTE

Concienciar del impacto medioambiental que supone el diagnóstico por imagen de un hospital, evaluando las emisiones de CO₂ de nuestro departamento, mediante una cuantificación estimada del coste energético de la actividad clínica radiológica, a la vez que planteamos estrategias y recomendaciones prácticas para minimizar el uso de energía y reducir la huella de carbono.



INTRODUCCIÓN

La conciencia medioambiental ha cobrado protagonismo en los últimos años debido al aumento de los precios de la energía y a las inminentes consecuencias del cambio climático.

El calentamiento global está alterando el paisaje terrestre y la temperatura de los océanos. Hasta la fecha, se ha observado un aumento de 1,09 °C en los últimos años en comparación con los niveles preindustriales. Cada una de las últimas cuatro décadas ha sido progresivamente más cálida que cualquier década anterior desde 1850. En consecuencia, los fenómenos medioambientales extremos aumentan significativamente. (1)

Está ampliamente aceptado que el cambio climático está causado por los altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO₂), el metano, el óxido nitroso, etc., debidos a la actividad humana.

La emisión equivalente de CO₂ (CO₂e) es la unidad más conveniente para medir la huella de gases de efecto invernadero correspondiente al coste ecológico.

Se calcula que el sector sanitario representa entre el 4,0 y el 8,5% del total de las emisiones mundiales de CO₂, y el diagnóstico por imagen es uno de los que más energía consumen.

En los departamentos de radiología, la principal contribución al cambio climático es el elevado consumo de electricidad, que producen CO₂ mediante emisiones indirectas, debido al uso de equipos que consumen mucha energía, como los escáneres de tomografía computarizada (TC) o los sistemas de resonancia magnética (RM), además de los numerosos puestos de lectura que suelen constar de un ordenador con 3 monitores. Por otro lado, está el consumo energético que realizan los pacientes para su traslado hasta el hospital, produciendo emisiones directas por el consumo de combustible fósil, o el uso de la ofimática y/o correspondencia en papel en su caso. (1)

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio descriptivo con información obtenida entre enero y diciembre de 2023 desde la base de datos del Hospital de Sagunto, en el que se obtuvieron antecedentes sobre la cantidad de recursos consumidos y residuos generados, calculando las emisiones de CO₂ basándose en las siguientes fuentes y equivalencias:

- La media europea de carbono es de 0,296 kg CO₂e por kWh. (2)
- El coste medio europeo de la electricidad es de 0,30 euros por kWh. (2)
- El consumo medio de un coche de gasolina de tamaño mediano es de 143 gramos de CO₂ por kilómetro. (3)

El total de los datos fueron tabulados y multiplicados por sus respectivos factores de conversión para obtener la huella de carbono reflejada en Kilogramos equivalentes de CO₂ (Kg CO₂e).

Se han explorado para la estimación de las emisiones de CO₂ de nuestro hospital comarcal las siguientes áreas:

- **Equipamiento de alta tecnología:** Reflejamos el consumo energético en Kw/h de los cinco ecógrafos, dos TC y dos Resonancia magnética incluidos en nuestro departamento para cuya estimación se han utilizado los datos de sus fichas técnicas y se ha calculado el número de horas diarias de actividad en periodo stand-by, mientras se realizan las exploraciones y apagado.
- **Estaciones de trabajo:** Incluimos aquí el gasto energético (Kw/h) calculando sus horas de actividad, del conjunto de torre de ordenador y tres monitores del total de 13 estaciones de las que disponemos.
- **Traslado de pacientes:** Para ello se estima el recorrido medio que cada paciente debe realizar en kilómetros para acudir a su cita radiológica.

- **Ofimática y citación:** Se valora el impacto del uso del papel y otras tecnologías de comunicación.
- **Residuos y reciclaje:** Calculamos los residuos de contraste que se generan para incineración en Kilogramos estimando su huella de carbono.
- **Adecuación de la demanda:** Se estima el ahorro energético y monetario que se produce por la no realización de exploraciones radiológicas anuladas.

RESULTADOS. Equipamiento de alta tecnología y estaciones de trabajo

Calculamos la energía consumida y las emisiones de CO2 del equipamiento médico y las estaciones de trabajo, valorando:

- El gasto energético en KW/h de cada máquina en sus distintos periodos de actividad que se desglosa en:

	KWh
Ecografos	0,23
TAC explorando	16
TAC standby	3
TAC apagado	0
RM explorando	22,7
RM standby	8,7
RM apagada	4,3
Estaciones de trabajo	0,55

- Las horas diarias en cada periodo de actividad durante los tres turnos de trabajo (mañana, tarde y noche).

Ecografos
TAC explorando
TAC standby
TAC apagado
RM explorando
RM standby
RM apagada
Estaciones de trabajo

Turno mañana		
Maquinas nº	Horas	CONSUMO MAÑANAS
5	7	8,05
2	2	64
	5	15
0	0	0
2	5	227
	2	17,4
0	0	0
13	7	50,05

Ecografos
TAC explorando
TAC standby
TAC apagado
RM explorando
RM standby
RM apagada
Estaciones de trabajo

Turno tarde		
Maquinas nº	Horas	CONSUMO TARDES
3	7	4,83
2	2	64
	5	15
0	0	0
1	5	113,5
	2	17,4
	7	30,1
8	7	30,8

Ecografos
TAC explorando
TAC standby
TAC apagado
RM explorando
RM standby
RM apagada
Estaciones de trabajo

Horas noche		
Maquinas nº	Horas	CONSUMO NOCHES
2	10	4,6
1	1	16
	9	27
	10	0
0	10	0
0	10	0
2	10	86
4	10	22

Tabla 1. Consumo energético diario del servicio en relación a número de máquinas, estados de actividad y tiempo (horas)

	CONSUMO TOTAL
Ecografos	17,48
TAC explorando	144
TAC standby	87
TAC apagado	0
RM explorando	340,5
RM standby	52,2
RM apagada	116,1
Estaciones de trabajo	102,85
	860,13

Tabla 2. Consumo energético total por día (KW/h)

El consumo energético total es de 860,13KWh diarios, lo que se traduce en **254,59 Kg de CO2e al día.**



92.925,35 Kg de CO2e/ Año

94.184,23 € / Año



RESULTADOS. Traslado de pacientes

El automóvil es el medio de transporte que más energía consume, así como principal foco emisor y principal responsable de la contaminación del aire en las ciudades. Según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, un coche de gasolina de tamaño mediano emite de media unos 143 gramos de CO₂ por kilómetro. (3)

El área de cobertura que abarca nuestro hospital es amplia, con poblaciones a más de 65 km. del hospital y no uniformemente dispersa, lo que implica desplazamientos en algunos casos de hasta 140 km ida y vuelta. La estimación del consumo energético total que toda la población de nuestro departamento (155.000 hab.) necesita para su desplazamiento es muy compleja, pero como aproximación hemos utilizado una media de 40km por desplazamiento en base a las 80.000 exploraciones que se realizaron en consultas externas.

El consumo total en 2023 fue:



457.600 Kg de CO₂e / Año

RESULTADOS. Ofimática y citación

La fabricación y utilización del papel genera una gran contaminación en forma de emisiones de carbono.

La digitalización de los documentos ha ayudado a reducir su consumo, la introducción de la petición electrónica nos permitió dejar de imprimir las peticiones en radiología, sin embargo, seguimos empleando sistemas clásicos de comunicación con el paciente como es el envío de correo postal.

1kg (200 folios) de papel blanco equivalen a 3kgs de CO₂e. (4)

En 2023 se les comunicó su cita mediante correo postal a las aprox. 80,000 citas realizadas a medio y largo plazo (con menos de 15 días se realiza cita telefónica), lo que se traduce en el mismo número de papeles. Este consumo equivaldría a:



900 Kg de CO₂e /Año

RESULTADOS. Residuos y reciclaje

El yodo es un componente fundamental de los medios de contraste que son utilizados en numerosas pruebas de imagen para el diagnóstico y seguimiento de diferentes patologías, esta materia prima es difícil de conseguir, limitada y altamente contaminante.

Tras la realización de las exploraciones los sobrantes de los viales se desechan y se tiran a los contenedores de residuos. La incineración de residuos hospitalarios genera 572 Kg de CO₂e / tonelada de residuo generado. (4)

En nuestro departamento se desechan cada día 5,8 Kg de residuos para incinerar, lo que equivale a:



1.206,92 Kg de CO₂e/ Año

Resumen de variables

Tenemos el resultado de la emisión de CO₂e /año en nuestro departamento:

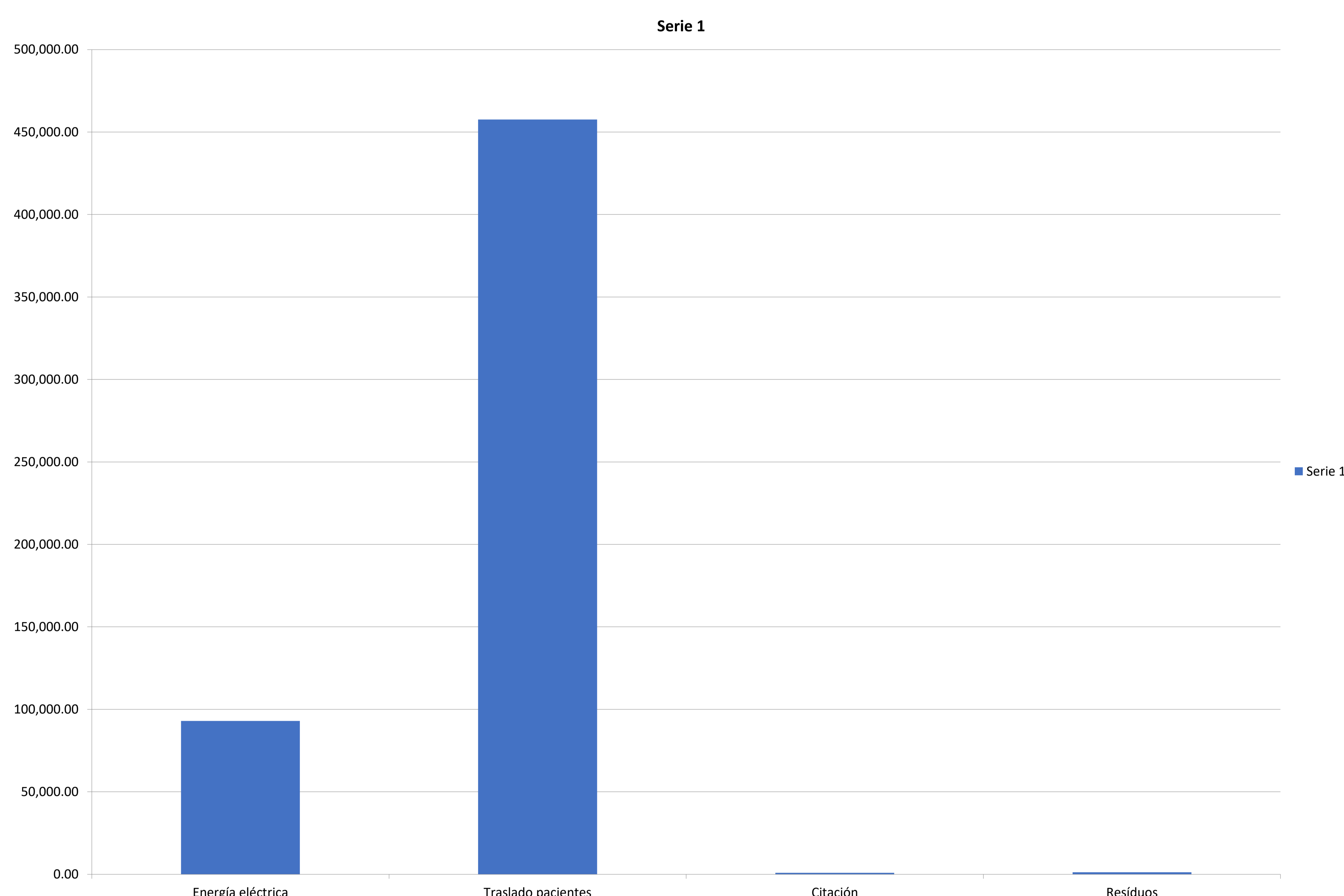


Figura 1. Resumen de variables y producción de Kg de CO₂ en nuestro hospital comarcal.

De los 552.632,27Kg de CO₂e emitidos por el servicio de radiodiagnóstico durante el año 2023, destaca 82,8% correspondiente al traslado de los pacientes, seguido por el consumo eléctrico con 16,82% y en un tercer lugar se encuentra la generación de residuos, con 0,22%.

RESULTADOS. PROPUESTAS DE CAMBIO

Equipamiento de alta tecnología y estaciones de trabajo

- Apagar los ecógrafos tres horas antes por la tarde y dejar solo un ecógrafo encendido en el turno de noche.
- Mantener en modo stand-by el TC en el turno de tarde una hora antes y seis horas antes en periodo nocturno, así como mantener solo un TC encendido durante toda la noche en vez de los dos que tenemos en este momento.
- En cuanto a las estaciones de trabajo, pasaríamos de tener 8 estaciones encendidas por la tarde a 4 y de 4 estaciones encendidas por la noche a solamente 2.



AHORRO

5.953,15 Kg de CO2e/Año

- 9.3%

RESULTADOS. PROPUESTA DE CAMBIO

Adecuación de la demanda

A lo largo de 2023 se anularon un total de 9.414 de las 150,000 exploraciones que fueron solicitadas, lo que representa poco más de un 6%, si bien algunas fueron cancelaciones voluntarias de los propios pacientes, la mayoría están en relación con una gestión proactiva en la adecuación de la demanda, especialmente en las áreas de ECO, TC y la RM y de la eliminación de duplicidades.

Proponemos intensificar la gestión de la demanda pues el uso excesivo de exámenes radiológicos es un problema acuciante y creciente y el aumento injustificado en el uso de resonancias y tomografías computarizadas contribuye significativamente a las emisiones de CO2.

TOTAL EXPLORACIONES ANULADAS	
ECOGRAFIA	1193
INTERVENCIONISMO	112
MAMA	438
RADIOLOGIA CONTRASTADA	20
RADIOLOGIA CONVENCIONAL	5089
RESONANCIA MAGNETICA	1618
TOMOGRAFIA COMPUTERIZADA	944
Total general	9414

Tabla 3. Total de exploraciones anuladas durante el año 2023.

Según Furlan et al. El consumo medio de energía por exploración es de 20 kWh por cada RM y de 1,2 kWh por cada TC. (5), a lo que habría que añadir el ahorro en el desplazamiento.

En nuestro caso lo desglosamos como:

- TAC: $944 \times 1,2 \text{ kWh} = 1.132,8 \text{ kWh} \times 296 \text{ gr. CO}_2\text{e} = 335 \text{ kg. CO}_2$
- RM: $1618 \times 20 \text{ kWh} = 32.360 \text{ kWh} \times 296 \text{ gr. CO}_2\text{e} = 9578 \text{ kg. CO}_2$
- Desplazamientos: $9414 \times 40\text{km} \times 143 \text{ gr. CO}_2 = 53848 \text{ Kg. CO}_2$

AHORRO



63,761 Kg de CO₂e/Año

- 13,9%

RESULTADOS. PROPUESTA DE CAMBIO

Traslado de pacientes

- Apertura de 10 huecos de citación en horario de 8-9 ha garantizado que unas 2000 personas eviten un desplazamiento adicional, total 80.000 km / año
- Citar siempre las exploraciones procedentes de primaria al final de la mañana y de especializada a primera hora como regla general, para garantizar concurrencia de citas. Aunque de difícil estimación, al menos unas 10 citas /día se habrán beneficiado de esta medida, en total 2500 personas, total 100.000 km/año.
- Por último, se habilitó una agenda extra en turno de mañanas (1dia/semana) en lugar de la tarde como estaba previsto, lo que también facilitó la concurrencia con la cita de la consulta, ya que la inmensa mayoría en nuestro hospital siguen siendo en turno de mañana. Se estima que está beneficiando a unos 8000 pacientes, lo que evita un total de 320.000 Km/año.

AHORRO



71.500,0 Kg de CO2e /Año

- 15,6%

RESULTADOS. PROPUESTA DE CAMBIO Reciclaje

Resaltamos la importancia de reciclar y reutilizar el contraste yodado para la reducción de la huella de carbono.

Desde inicios de 2023, el contraste sobrante de nuestro hospital se recicla en unos contenedores suministrados para poder someter al producto a un proceso de centrifugado y separación del yodo, pudiendo así reutilizarlo de nuevo para fabricar más material de contraste, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de CO₂.

Al año hemos dejado de emitir:

AHORRO

1.206,92 Kg de CO₂e/ Año



DISCUSIÓN

Las emisiones de CO₂ del sector sanitario son una parte importante de las emisiones mundiales, el diagnóstico por imagen contribuye hasta en un 9% de esta huella de carbono sanitaria, principalmente por el uso de energía, así como distintos procesos realizados diariamente (transporte de pacientes, generación de residuos etc.).

Es necesario reducir urgente y profundamente las emisiones de GEI en todos los sectores para limitar el calentamiento global y todos los cambios ambientales que trae consigo. (6)

Estimar la HC producida por nuestros departamentos de radiología es un primer escalón para avanzar en la concienciación individual y como grupo favoreciendo la discusión sobre el camino a seguir para reducir el impacto medioambiental de nuestra actividad.

Por técnicas, las emisiones de CO₂ son más bajas en el caso de la ecografía (5,15 Kg CO₂), llegando a 68,37 Kg CO₂ en la TC y a 150,6 Kg CO₂ en la RM.

En un estudio de McAlister et al (7) las emisiones de CO₂ de la resonancia magnética y la tomografía computarizada, calculadas en 120 países en 2016, representaron el 0,77% de las emisiones mundiales.

Las emisiones de CO₂ varían en función del modo de funcionamiento, la tecnología empleada y el tiempo medio de exploración, sin embargo, hay pruebas convergentes de que la RM tiene el mayor impacto ambiental, la TC un impacto intermedio y la ecografía el menor (8)

Además de los dispositivos de diagnóstico por imagen, numerosas estaciones de trabajo contribuyen al elevado consumo energético de los departamentos de radiología. El estudio de Büttner et al. (9) concluyó que un ordenador encendido las 24 horas del día produce 1471 kg/año de CO₂; si el ordenador se apaga después del trabajo y los fines de semana, el consumo de energía se reduce a 315 kg/año de CO₂.

El impacto ambiental de las pruebas inadecuadas debe evaluarse, campañas como Choosing Wisely dirigidas a pacientes y médicos, pretenden concienciar del impacto ambiental de los procedimientos médicos, la evaluación del coste del carbono debería formar parte del balance coste-beneficio de la imagen médica, intentando reducir así las pruebas inapropiadas.

Lo ideal sería que la documentación del consentimiento informado incluyera la exposición radiológica en múltiplos de radiografías de tórax y el coste del carbono en kg de emisiones de CO₂ en comparación con actividades estándar conocidas por el paciente, como conducir un coche durante un determinado número de kilómetros. (7)

No podemos considerar solo el impacto medioambiental del gasto energético, la otra cara de la moneda en el tema de la sostenibilidad en radiología se refiere a la gestión eficaz de los residuos generados durante las actividades clínicas. Estos residuos pueden generar importantes emisiones de carbono en los departamentos de radiología. Por ejemplo, los residuos de los agentes de contraste.

Debemos promover acciones para reducir el desplazamiento en vehículo de los pacientes y los deshechos que generamos en la práctica clínica, fomentando la introducción de sencillas medidas en la gestión sanitaria para alcanzar objetivos de sostenibilidad.

Tras entender los efectos del calentamiento global y el rol de los centros sanitarios en la generación de GEI, entendemos como un desafío ineludible la elaboración de medidas destinadas a disminuir nuestro aporte en la huella de carbono:

- Anteponer siempre el interés de los pacientes y no denegar nunca un estudio de imagen por motivos de sostenibilidad. Sin embargo, si se puede elegir entre varias modalidades de diagnóstico por imagen, hay que tener en cuenta el impacto medioambiental de cada una de ellas a la hora de tomar decisiones y elegir la opción que consuma menos energía entre los tipos de exploración adecuados para cada paciente y patología.
- Apagar los sistemas de diagnóstico por imagen y monitores cuando no estén en uso.
- Hacer un manejo eficiente de los residuos.
- Reducción de la inaceptable tasa de exploraciones por imagen inadecuadas y exámenes radiológicos injustificados.

- Alentar a las organizaciones médicas a la acción para implementar planes gubernamentales y exigir soluciones energéticamente eficientes siempre que sea posible, considerando el uso de fuentes de energía renovables, que podrían suministrarse localmente, por ejemplo, mediante paneles solares en los tejados de los edificios, con el fin de reducir los gases de efecto invernadero.



CONCLUSIÓN

Debemos concienciar sobre la importancia de la sostenibilidad medioambiental en los departamentos de radiología y el potencial ahorro energético y reducción de la huella de carbono mediante sencillas medidas tales como el apagado de los aparatos radiológicos durante los periodos de inactividad, la gestión proactiva de la demanda, la organización en la citación de pacientes que favorezca la concurrencia máxima de citas, la gestión sostenible de los residuos y la formación del personal radiológico en prácticas de ahorro energético, todo ello sin comprometer la calidad del servicio.

La huella de carbono es un coste que, aunque no es asumido inmediatamente como coste directo, es asumido por la sociedad como un coste a largo plazo que todos los ciudadanos pagarán colectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Merkle EM, Bamberg F, Vosshenrich J. The impact of modern imaging techniques on carbon footprints: Relevance and outlook. *Eur Urol Focus*. 2023;9(6):891–3
2. Scarlat N, Prussi M, Padella M. Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe. *Appl Energy*. 2022;305(117901):117901
3. Agencia Europea de Medio Ambiente [Internet]. European Environment Agency. 2006 [15 de marzo de 2024].
4. Calculadoras [Internet]. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [citado el 1 de marzo de 2024]
5. Furlan L, Di Francesco P, Tobaldini E, Solbiati M, Colombo G, Casazza G, et al. The environmental cost of unwarranted variation in the use of magnetic resonance imaging and computed tomography scans. *Eur J Intern Med* [Internet]. 2023;111:47–53.
6. Roletto A, Zanardo M, Bonfitto GR, Catania D, Sardanelli F, Zanoni S. The environmental impact of energy consumption and carbon emissions in radiology departments: a systematic review. *Eur Radiol Exp*. 2024 Feb 29;8(1):35. doi: 10.1186/s41747-024-00424-6. PMID: 38418763; PMCID: PMC10902235.
7. McAlister, S.; McGain, F.; Petersen, M.; Story, D.; Charlesworth, K.; Ison, G.; Barratt, A. The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. *Lancet Reg. Health West Pac*. **2022**, 24, 100459
8. Picano E, Mangia C, D'Andrea A. Climate change, carbon dioxide emissions, and medical imaging contribution. *J Clin Med*. 2022 ;12(1):215.
9. Büttner L, Posch H, Auer TA, Jonczyk M, Fehrenbach U, Hamm B, Bauknecht HC, Böning G. Switching off for future-Cost estimate and a simple approach to improving the ecological footprint of radiological departments. *Eur J Radiol Open*. 2020 Dec 31;8:100320. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100320.