

# ELABORACIÓN DE UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN GRUPAL SOBRE LA MEDICIÓN DE RADIACIONES EN NUESTRO ENTORNO

Adriana Arqués Tortosa<sup>1</sup>, Carmen María Lacárcel Rodríguez<sup>1</sup>, José Lorente Barqueros<sup>1</sup>, Pedro Méndez Alcaraz<sup>1</sup>, Alberto Peñafiel Pujante<sup>1</sup>, José Antonio García Gamuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina. Universidad de Murcia

<sup>2</sup>Departamento de Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia  
[adriana.a.t@um.es](mailto:adriana.a.t@um.es), [carmenmaria.lacarcelr@um.es](mailto:carmenmaria.lacarcelr@um.es), [j.lorentebarqueros@um.es](mailto:j.lorentebarqueros@um.es), [p.mendezalcaraz@um.es](mailto:p.mendezalcaraz@um.es),  
[a.penafielpujante@um.es](mailto:a.penafielpujante@um.es), [gamuz@um.es](mailto:gamuz@um.es)

## RESUMEN

Alumnos de la asignatura de Física Médica del curso 1º del Grado de Medicina han realizado un trabajo de medición de campos electromagnéticos y radiación UV en su entorno cotidiano, trabajando, de forma práctica, los contenidos teóricos de la asignatura. El objetivo de este trabajo es iniciar al alumnado en las radiaciones electromagnéticas, percibiendo las que nos rodean mediante su detección y comprobando leyes fundamentales de radioprotección, como la influencia en la medida de la distancia o el ángulo de incidencia de la radiación, así como la efectividad de elementos protectores.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se ha observado una correlación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos, lo que ha llevado al estudio de dicha conexión. Diversas experiencias efectuadas han puesto en evidencia la relación existente entre las cargas eléctricas, los fenómenos que producen cuando se encuentran en movimiento (corrientes eléctricas) y los campos magnéticos variables, lo que dio lugar a diversas leyes que explicaban los distintos fenómenos encontrados, que fueron resumidas, en la segunda parte del siglo XIX, por James Clerk Maxwell, dando lugar a lo que hoy se conoce como las leyes de Maxwell y que pueden resolver todos los problemas que se plantean de electricidad y magnetismo desde un punto de vista clásico (Tipler, 1994)<sup>1</sup>.

El fenómeno electromagnético, cuando se crea por efecto del movimiento acelerado de cargas eléctricas, es capaz de propagarse en el espacio (incluso por el vacío), dando lugar a lo que llamamos ondas electromagnéticas. Están caracterizadas por los parámetros típicos de cualquier onda: longitud de onda y frecuencia. La energía de una onda electromagnética y, por tanto, los efectos que produce, así como su uso, es directamente proporcional a la

frecuencia de dicha onda, e inversamente proporcional a su longitud de onda. De ahí que se puedan establecer distintos tipos de radiación según su valor, obteniendo así el llamado “espectro electromagnético” (Figura 1).

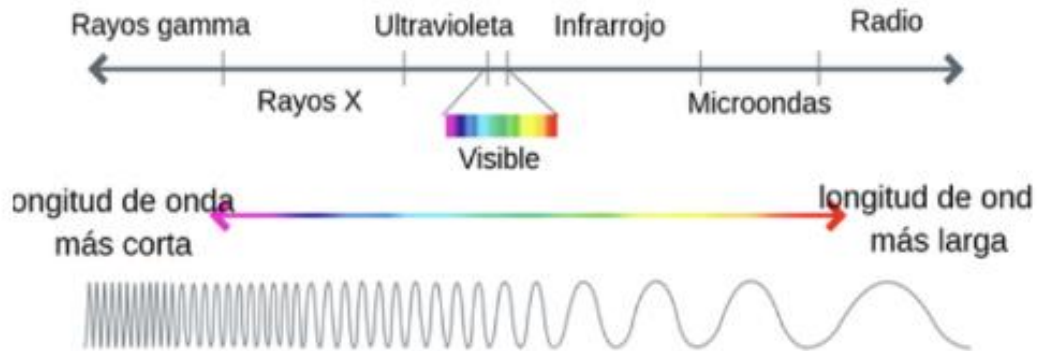


Figura 1. Espectro de radiación electromagnética (LABSTER, 2022)<sup>2</sup>

Más tarde, entre finales del siglo XIX y mediados del XX, a partir del experimento que puso de manifiesto el llamado “efecto fotoeléctrico”, se llegó a conocer la naturaleza corpuscular de esta radiación, cuya partícula recibió el nombre de “fotón”.

Otra división más general que es posible realizar de las radiaciones es la clasificación entre ionizantes y no ionizantes, según provoquen el efecto ionizador en el átomo cuando se produce la interacción con la radiación. Las radiaciones con longitud de onda mayor (hasta las UV incluidas) son no ionizantes, mientras que a frecuencias altas, a partir de los rayos X, sí que provocan ionización.

En los últimos años, se ha estudiado en profundidad el efecto de la interacción de las radiaciones ionizantes con el organismo, permitiendo conocer las consecuencias de la exposición en función de distintas magnitudes, como la dosis absorbida o la equivalente, si bien también aparecen efectos probabilísticos y variables difíciles de cuantificar. Sin embargo, el conocimiento del efecto de las radiaciones no ionizantes presenta mayor dificultad debido, principalmente, a que las consecuencias no son tan evidentes a corto plazo. Por ello, a pesar de los estudios existentes, las conclusiones no parecen tan evidentes.

Todo ello, unido a la impercepción natural de la radiación, crea en el individuo una idea de “no existencia” de la radiación electromagnética, a pesar de estar sometidos a ella continuamente de diversas formas.

Por ello, el objetivo de este trabajo es la detección de radiaciones no ionizantes a las que estamos sometidos en nuestro entorno cotidiano, de manera que permita tener

conocimiento de su presencia, cuándo podemos estar recibiendo una exposición, y qué medidas sencillas de radioprotección se pueden adoptar.

Para ello se han realizado medidas del campo electromagnético cerca de distintos mecanismos y aparatos electrónicos con los que habitualmente convivimos en la facultad, hogar, lugares de trabajo,... También se ha medido la radiación ultravioleta procedente del sol teniendo en cuenta varias variables como la altitud, horario, etc. y la producida por una lámpara de UV.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

El grupo de innovación docente formado por los profesores del área de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Murcia solicitó, para el curso 23-24, un proyecto de innovación docente titulado **“Elaboración de un proyecto de investigación grupal sobre la contaminación por radiación en nuestro entorno”** dentro de la **Línea 8: Actividades docentes innovadoras fuera del aula**, cuyo objetivo es fomentar el número de actividades fuera del aula. Dicha solicitud fue resuelta favorablemente por el Rector de la Universidad de Murcia (resolución R-1443-2023) con fecha 6-10-2023, y se ha desarrollado durante el primer cuatrimestre del curso 2023-2024.

Para realizar las medidas, tanto de campos electromagnéticos como de radiación ultravioleta, se ha proporcionado al alumnado los siguiente detectores:

## **MEDIDAS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**

Para medir campos electromagnéticos se ha usado un Gaussímetro PCE-EMF823 (Figura 2), cuyas prestaciones son las adecuadas para medir radiaciones electromagnéticas emitidas por una instrumentación eléctrica como televisores, lámparas, ordenadores, conductores de corriente, pantallas e instalaciones eléctricas industriales, cuadros eléctricos,..., ya que es un tipo de instrumentación rentable, portátil, diseñado y calibrado para medir la radiación del campo electromagnético en diferentes anchos de banda por debajo de 50 Hz/60 Hz. Se puede seleccionar la unidad en la que se desea la medida entre mG o  $\mu$ T. Dicho detector dispone de tres rangos de medición, siendo las medidas máximas de cada rango: 20  $\mu$ Tesla, 200  $\mu$ Tesla y 2000  $\mu$ Tesla o 200 mG, 2000 mG y 20000 mG. (PCE, 2023)<sup>3</sup>. En la tabla 1 se muestra la precisión en la medida para cada uno de los rangos de los que se dispone.



Figura 2. Gaussímetro PCE-EMF823

TABLA I. PRECISIÓN ESTIMADA DE UN GAUSSÍMETRO PCE-EMF823 PARA CADA RANGO DE TRABAJO.

Rango	Precisión
20 $\mu$ T	$\pm (4\% + 3d)$
200 $\mu$ T	$\pm (5\% + 3d)$
2000 $\mu$ T	$\pm (10\% + 5d)$
200 mG	$\pm (4\% + 3d)$
2000 mG	$\pm (5\% + 3d)$
20000 mG	$\pm (10\% + 80 \text{ mG})$

Este dispositivo destaca por su sencillez maneja, ya que una vez elegida la unidad de medida, y el rango de la misma, se obtiene directamente la lectura.

### DOSÍMETRO DE RADIACIÓN UVA-UVB PCE-UV34

Para realizar las medidas de radiación ultravioleta se ha usado un dosímetro de radiación PCE-UV34 (Figura 3), el cual dispone de un sensor de luz que consta de un fotodiodo con filtro corrector UV (PCE, 2023)<sup>4</sup>. El rango de temperatura en el que trabaja correctamente es de 0 a 50°C y resulta imprescindible mantenerlo alejado de la humedad. Su batería de bloque es de 9 V (PP3).

La unidad en la que se obtiene la medida es  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , y es posible seleccionar dos rangos de medida, cuyos valores máximos son 2 y 20  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . Trabajando en el rango adecuado se obtiene una resolución de 0,001  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , y una precisión de  $\pm 10\%$ . La cuota de medición es de 0,4 s, y el ancho de banda de detección es de 290 a 390 nm.



**Figura 3. Dosímetro de radiación UVA-UVB PCE-UV34**

Para llevar a cabo una correcta medición, el usuario portador del medidor deberá apuntar el sensor hacia la fuente de radiación UV que se desea evaluar. De esta manera obtenemos el máximo de radiación medible. El sensor capta la radiación UV que incide sobre él y, en función de la sensibilidad y calibración del sensor, muestra un valor numérico en la pantalla que refleja la intensidad de radiación captada. Este dispositivo presenta algunas funcionalidades extra como es el caso del HOLD, que permite congelar los resultados obtenidos en un instante fijo, o la funcionalidad REC, que es de gran utilidad pues recoge los valores detectados durante un tiempo y proporciona, posteriormente, sus valores máximo y mínimo.

## **RESULTADOS**

### **MEDIDAS DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO**

Las medidas se han realizado en distintos lugares de nuestro entorno, y cerca de distintos aparatos que se usan habitualmente. En concreto, se presentan las medidas realizadas en varios espacios de la Facultad de Medicina de la UMU, en el servicio de radiología del Hospital Universitario Reina Sofía de Murcia y en el interior de una unidad móvil de emergencia (U.M.E.).

En cada uno de esos lugares las medidas se han tomado junto a los distintos aparatos o instalaciones eléctricas que se encuentran allí. En concreto, la *Figura 4* muestra los valores obtenidos (en  $\mu\text{T}$ ) dentro del aula 1.01, la *Figura 5* en la sala de disección de anatomía, la *Figura 6* en la sala multiusos y la *Figura 7* en la cafetería, todas ellas pertenecientes en la Facultad de Medicina.

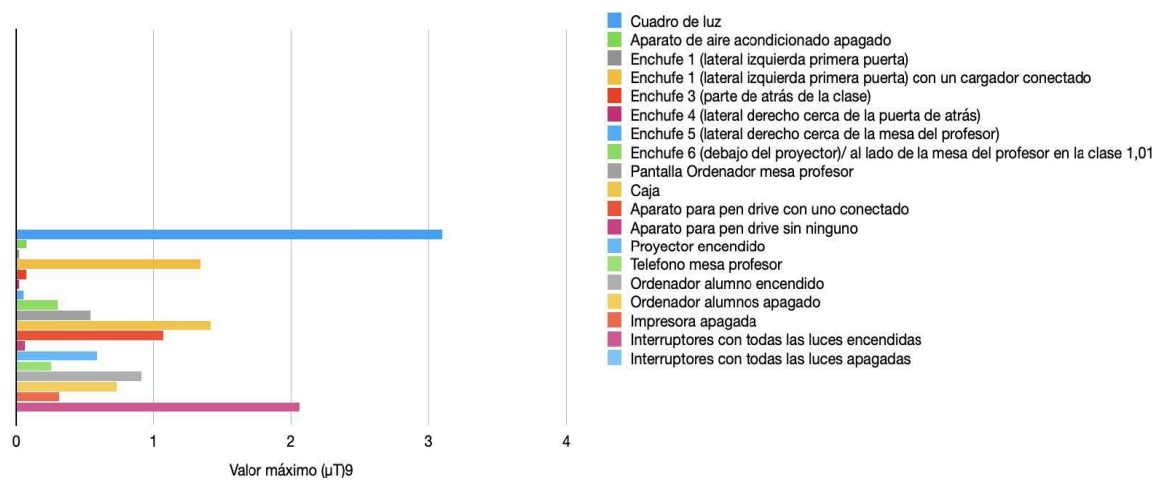


Figura 4. Medidas de CEM ( $\mu\text{T}$ ) tomadas junto a distintos aparatos e instalaciones eléctricas del aula 1.01 de la Facultad de Medicina de la UMU.

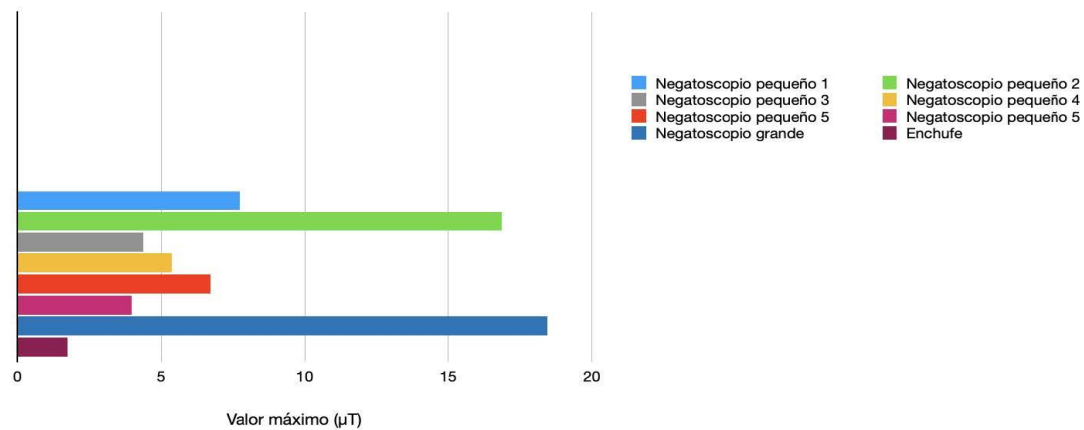


Figura 5. Medidas de CEM ( $\mu\text{T}$ ) tomadas junto a distintos aparatos e instalaciones eléctricas de la Sala de Disección de Anatomía de la Facultad de Medicina de la UMU.

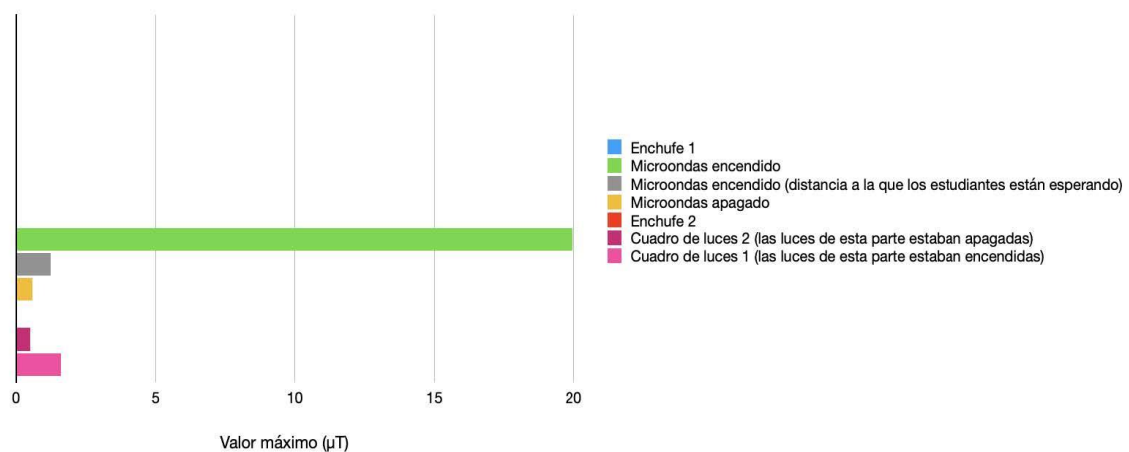


Figura 6. Medidas de CEM ( $\mu\text{T}$ ) tomadas junto a distintos aparatos e instalaciones eléctricas de la Sala Multiusos de la Facultad de Medicina de la UMU.

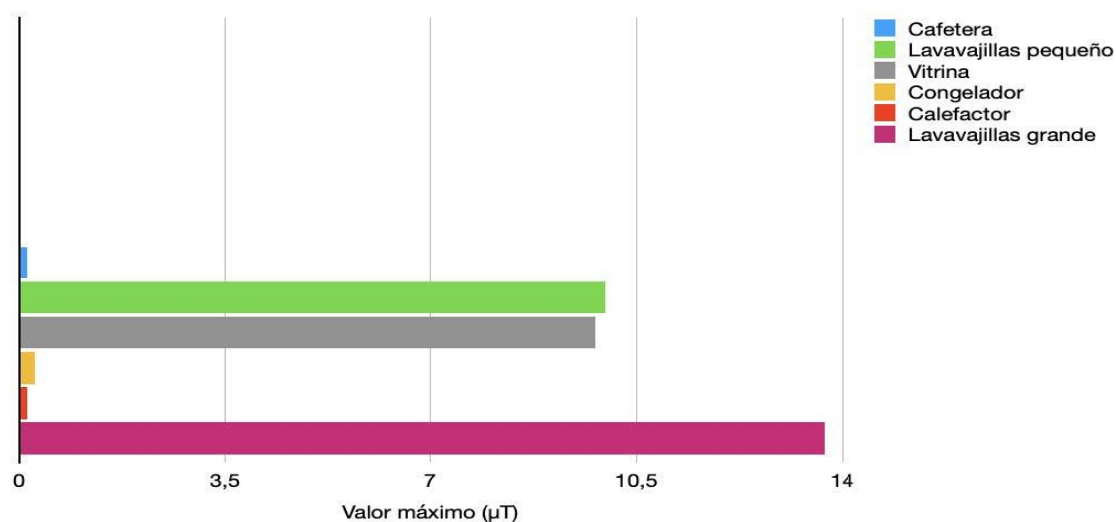


Figura 7. Medidas de CEM ( $\mu\text{T}$ ) tomadas junto a distintos aparatos e instalaciones eléctricas de la Cafetería de la Facultad de Medicina de la UMU.

En la *Tabla II* se muestra las medidas tomadas en el servicio de radiología del H.U. Reina Sofía y en la *Tabla III* las hechas en el interior de una unidad móvil de emergencias.

TABLA II. MEDIDAS DE CEM ( $\mu\text{T}$ ) 'TOMADAS EN EL SERVICIO DE RADIOLOGÍA DEL H.V. REINA SOFÍA DE MURCIA

Lugar de medición	Valor máximo de B ( $\pm 0.01 \mu\text{T}$ )
Sala RX simple funcionando	1.70
Sala TM funcionando	0.82
Sala TC funcionando	0.04
Sala amb RX simple funcionando	0.03

TABLA III. MEDIDAS DE CEM ( $\mu\text{T}$ ) TOMADAS EN EL INTERIOR DE UNA U.M.E.

Aparato junto al que se mide	Valor máximo de B ( $\pm 0.01 \mu\text{T}$ )
Monitor ZOLL XSERIES en monitorización (desfibrilador)	4.20
Respirador WEINMANN	0.72
Bombas de perfusión	0.29
Nevera	0.13
Calienta sueros	0.08
Cabina trasera transporte pacientes	1.20
Emisora comunicaciones MOTOROLA	0.88
Asiento conductor cabina delantera	0.31
Cuadro de telecomunicaciones	0.23
Enchufe transformador corriente aspirador secreciones	0.83
Calienta sueros	4.20

Como curiosidad, se han efectuado otras medidas efectuadas de C.E.M. en otro tipo de instalaciones como en las cercanías de una torre eléctrica de alta tensión (sensor colocado a

4 m de distancia de la base de la torre) y junto a distintos elementos de placa solar (Tabla IV).

TABLA IV. MEDIDAS DE CEM ( $\mu\text{T}$ ) JUNTO A UNA TORRE ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN Y PLACA SOLAR.

Zona donde se mide	Valor máximo de B ( $\pm 0.01 \mu\text{T}$ )
Baterías de litio Pylontech (junto a los bornes)	14.34
Inversor aislada Axpert	0.59
Cuadro de cableado y toma de tierra	1.13
A 4 m de base de torre de alta tensión	1.90

## MEDIDAS DE RADIACIÓN UV

Las medidas se han realizado en distintos lugares, buscando comprobar la dependencia del valor de radiación obtenido en función de algunas de las variables de las que teóricamente dependen. En concreto, en la *Figura 8* se muestra la radiación UV (en  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) medida en la población de Lorca (353 m de altura sobre el nivel del mar) desde las 8:30 h hasta las 17:32 h, con intervalos aproximados de una hora. Se pretende con esta medida estudiar la variación de la radiación con la inclinación de los rayos solares (ley del coseno). A cada hora se han efectuado dos medidas, una con el sensor directamente dirigido hacia el sol y otra en la que no está orientado hacia él.

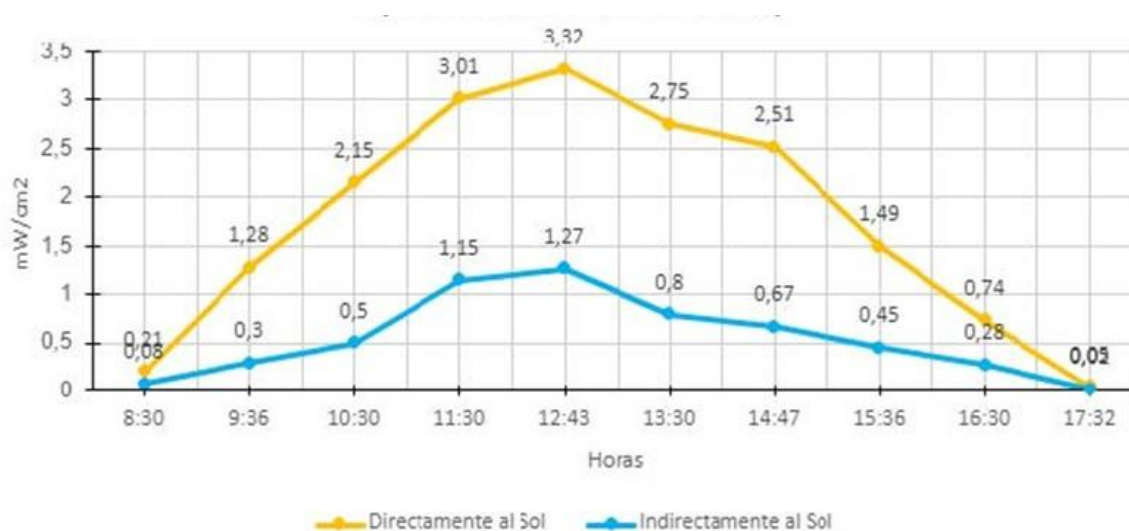


Figura 8. Medidas de UV ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) en la ciudad de Lorca durante las horas de sol orientando el sensor tanto directa como indirectamente.

Para comprobar la variación de la radiación en función de la altitud se ha realizado una subida al Morrón de la Sierra Espuña (Región de Murcia) en la que se han efectuado

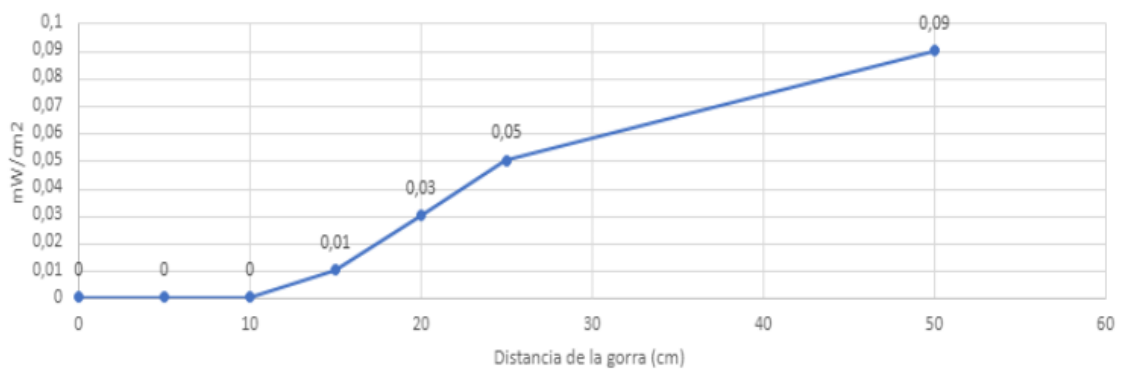


medidas a distintas alturas (*Figura 9*). A pesar de no haber sido posible realizarlas simultáneamente, al hacerse en un intervalo de tiempo inferior a una hora, la incidencia del cambio horario se considera despreciable.



**Figura 9.** Medidas de UV (mW/cm<sup>2</sup>) en la subida al Morrón de Sierra Espuña entre las 12:33 y las 13:28 h a distintas alturas.

Se ha pretendido comprobar los efectos de algunos elementos de protección comúnmente usados, como una gorra (*Figura 10*) o gafas solares (*Figura 11*). Para ello se ha colocado el sensor junto al elemento de protección y posteriormente a distintas distancias, hasta alcanzar la situación de no protección del elemento.



**Figura 10.** Medidas de UV (mW/cm<sup>2</sup>) colocando el sensor a distintas distancias de una gorra.

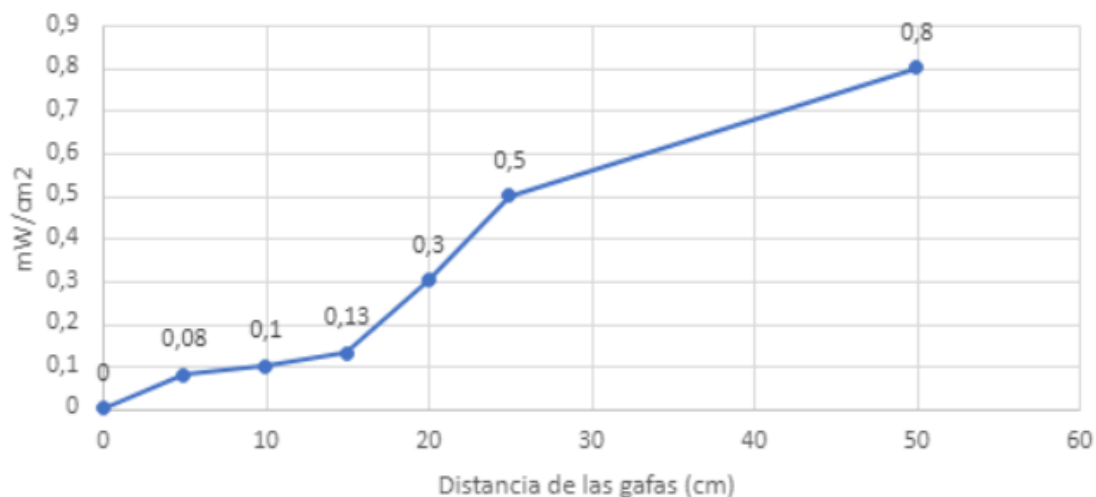


Figura 11. Medidas de UV (mW/cm<sup>2</sup>) colocando el sensor a distintas distancias de unas gafas solares.

Por último, se ha comprobado la ley del inverso del cuadrado de la distancia realizando medidas a distintas distancias de una lámpara de radiación UV Philips CLEO 15 W (Figura 12).

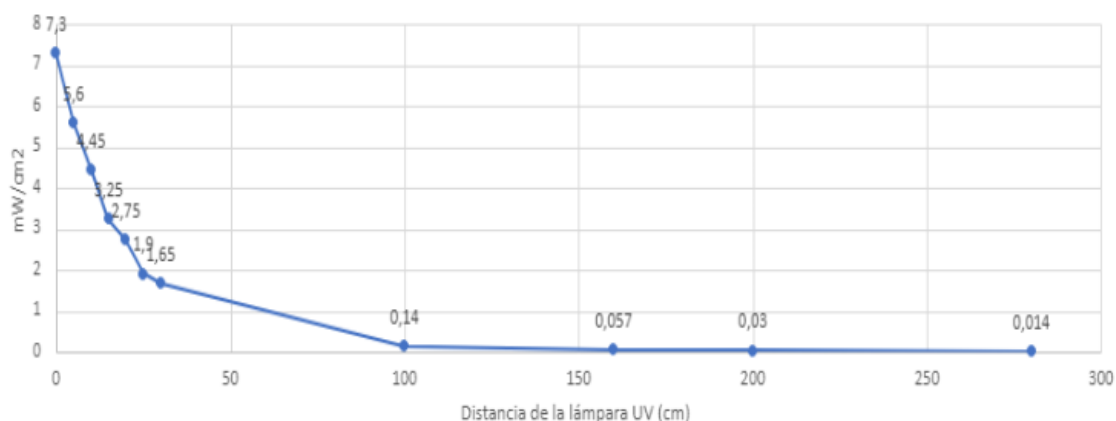


Figura 12. Medidas de UV (mW/cm<sup>2</sup>) colocando el sensor a distintas distancias de lámpara de radiación UV.

## CONCLUSIONES

1º Es posible comparar las medidas efectuadas de CEM con el valor máximo de radiación permitido en España: 100  $\mu$ T para campos magnéticos de 50 Hz (Boletín Oficial del Estado, 2001)<sup>5</sup>. Ninguna de las medidas efectuadas ha superado el límite permitido para CEM. El mayor valor se ha obtenido en el microondas de la sala multiusos de la Facultad de Medicina cuando está encendido (ligeramente superior a 20  $\mu$ T), y ya, por debajo de ésta, los negatoscopios de la sala de disección de anatomía y los lavavajillas de la cafetería.

2º Los valores obtenidos en el servicio de radiología del H.U. Reina Sofía y en el interior de una U.M.E. son bajos. El mayor se detecta junto al Monitor ZOLL XSERIES en monitorización (desfibrilador), siendo inferior a  $5 \mu\text{T}$ .

3º El valor del CEM medido no depende del lugar de colocación del aparato que lo produce, sino en función de la demanda energética del mismo.

4º Se confirma la variabilidad de la radiación UV medida en función de la altitud y la hora del día (inclinación rayos solares: Ley del coseno).

5º Ha sido posible comprobar algunos factores de protección radiológica como la distancia y elementos de protección.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido promovido por el grupo de innovación docente del área de Radiología y Medicina Física, bajo el proyecto de innovación docente titulado “Elaboración de un proyecto de investigación grupal sobre la contaminación por radiación en nuestro entorno”, correspondiente a la Línea 8: “Actividades docentes innovadoras fuera del aula”, propuesta por el Rectorado de la Universidad de Murcia en la convocatoria de proyectos de innovación docente a desarrollar durante el curso 2023-2024 (resolución R-1443-2023 con fecha 6-10-2023).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Tipler, Paul A. Física (3ª Ed.). 1994; Vol. 2, 943.
2. Labster. El espectro electromagnético [Internet]. Non data [citado 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://theory.labster.com/es/electromagnetic-spectrum/>
3. PCE. Manual de instrucciones de uso Medidor de radiación PCE-EMF 823 [Internet]. Non data [citado 27 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?\\_fnr=1832325&\\_dsp=inline](https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?_fnr=1832325&_dsp=inline).
4. PCE. Manual de instrucciones de uso del medido de luz UV.PCE-UV 34 [Internet]. Non data. [citado 30 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?\\_fnr=813700&\\_dsp=inline](https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?_fnr=813700&_dsp=inline).
5. Boletín Oficial del Estado (2001). Resolución de 28 de septiembre por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.