MedETechni
Journal of Translational Research

OPEN ACCESS
CC BY 4.0

MedETechNi

CIENCIA PARA UN CUIDADO MÁS SEGURO, INTELIGENTE Y HUMANO

EDICIÓN INAUGURAL

Volumen 1 · 2026 · e0005

Dosimetría fotocrómica semicuantitativa de la exposición UV-C en aulas, clínicas odontológicas y baños: estudio experimental exploratorio

Semiquantitative photochromic dosimetry of UV-C exposure in classrooms, dental clinics and restrooms: an exploratory experimental study

Cristel Francely Miranda Lazo; Lindy Pahola Loza; Jennifer López González; Elba Cristalia González; Axel Alejandro Gámez Guerrero; Pedro Josué Zepeda Espinoza; Alexa Isabella Nicaragua Casaya; Elmer Francisco Baltodano Mejia; Michelle Murillo Sánchez; Bertha Abigail Espinoza Manzanarez; Helen Viviana Cajina Balmaceda; Kristel Dariana Amador Murillo; William Morales Bermúdez; Ilfred Mercedes Reyes Jaime; Emily Isabel Vargas; Keysi Javiera Conto Baltodano; Dubraska Isabel Estrada Márquez; Javier Antonio Chávez Treminio; Jannys Marcela Betancour Urbina; Shirly María Moya Arguello; Gloria Elena Duarte Morales; Ligia Elena Ordóñez Alemán; María José Guadamúz Selva; María Mercedes Rocha Trujillo; Steyssis Guadalupe Berrios Chávez; Alejandra Massiel Dauria Vivas; José Alfonso Castillo Rosales; Franchesca Marie Tercero Sánchez; Fátima Geraldina Chorro Bermúdez; Meyling Ignacia Arley Córdoba; Kevin Alexandro Cazorla Lata; William Conrado; Silvio Alejandro Ortega Chow; Amanda Leticia Vega Fong

Universidad Católica Redemptoris Mater, Managua, Nicaragua

Correspondencia: research@medetechni.com

Contribución equivalente en la recolección de datos y la redacción de los trabajos originales.

Resumen

Objetivo. Caracterizar la variación de las lecturas dosimétricas de exposición UVC entre superficies interiores y compararlas con los objetivos nominales y la exposición calculada a partir de irradiancia y tiempo.

Métodos. Estudio experimental exploratorio con análisis descriptivo, realizado en 2022 en aulas, clínicas odontológicas y baños de una institución de Managua, Nicaragua. Se analizaron doce series mediante tarjetas UVCiX de lectura visual y de un solo uso. Se incorporó la planilla de caracterización electrónica de las fuentes con HP350UVS. Se distinguieron irradiancias electrónicas, valores consignados en los pósteres, dosis calculadas y lecturas visuales. Las comparaciones se efectuaron por posición y condición de exposición.

Resultados. Catorce lecturas numéricas de ocho series permitieron la descripción dosimétrica; diez se compararon con objetivos nominales. En G1, las irradiancias consignadas en el póster produjeron una dosis calculada de 97,2 mJ/cm² en ambas posiciones; las tarjetas indicaron 90–100 mJ/cm² a 1 m durante 15 min y 50–75 mJ/cm² a 2 m durante 30 min. Otra aula registró 35, 10–15 y 10–15 mJ/cm² tras 30 min. En odontología se observaron 40 mJ/cm² tras 10 min y 75 y 150 mJ/cm² tras 37 min. Los cocientes lectura/objetivo abarcaron 10,0–125,0 %. La planilla electrónica situó 0,021 mW/cm² a 2,5 m, frente a 1 m en los pósteres dentales.

Conclusiones. La respuesta de los indicadores varió entre posiciones y condiciones, incluso ante exposiciones calculadas iguales. El estudio aporta una comparación dosimétrica por superficie que distingue medición electrónica, cálculo y lectura visual. Su alcance semicuantitativo caracteriza la exposición física y no evalúa eficacia microbiológica.

Abstract

Objective. To characterize UV-C dosimetric readings across indoor surfaces and compare them with nominal targets and calculated exposure.

Methods. An exploratory experimental study with descriptive analysis was conducted in 2022 in classrooms, dental clinics and restrooms in Managua, Nicaragua. Twelve series used single-use UVCiX cards read visually. An HP350UVS electronic source-characterization spreadsheet was incorporated. Electronic irradiance, poster-reported values, calculated doses and visual readings were distinguished.

Results. Fourteen numerical readings from eight series supported the dosimetric description; ten allowed comparison with nominal targets. In G1, poster-reported irradiances yielded 97.2 mJ/cm² at both positions; cards indicated 90–100 mJ/cm² at 1 m for 15 min and 50–75 mJ/cm² at 2 m for 30 min. Another classroom yielded 35, 10–15 and 10–15 mJ/cm² after 30 min. Dental readings included 40 mJ/cm² after 10 min and 75 and 150 mJ/cm² after 37 min. Reading-to-target ratios ranged from 10.0 to 125.0%. The spreadsheet placed 0.021 mW/cm² at 2.5 m, whereas dental posters placed it at 1 m.

Conclusions. Indicator responses varied across positions and conditions, including conditions with equal calculated exposures. The study provides a surface-specific dosimetric comparison that distinguishes electronic measurement, calculation and visual reading. Its semiquantitative scope characterizes physical exposure and does not evaluate microbiological efficacy.

Puntos clave

Pregunta. ¿Cómo varían las lecturas de exposición UVC entre posiciones y condiciones, frente a objetivos nominales y cálculos de irradiancia por tiempo?

Hallazgos. Ocho de las doce series aportaron catorce lecturas numéricas. Diez lecturas se compararon con objetivos nominales; los cocientes abarcaron 10,0–125,0 %. Dos exposiciones calculadas de 97,2 mJ/cm² se acompañaron de intervalos visuales distintos.

Significado. La interpretación conserva la posición y distingue mediciones electrónicas, exposiciones calculadas y lecturas visuales semicuantitativas.

Palabras clave

radiación ultravioleta C; dosimetría; indicadores fotocrómicos; exposición radiante; superficies interiores.

Keywords

ultraviolet C radiation; dosimetry; photochromic indicators; radiant exposure; indoor surfaces.

Resumen ciudadano

Se examinaron registros de prácticas de 2022 en aulas, clínicas odontológicas y baños de una universidad. Las tarjetas que cambian de color mostraron respuestas diferentes según la posición y las condiciones de exposición. Se compararon con los objetivos de las prácticas y con cálculos basados en irradiancia y tiempo. Una tarjeta no representa todo un recinto y su lectura visual tiene límites de precisión.

Información del artículo

Tipo de artículo: Estudio experimental exploratorio

Modelo de publicación: Continua

DOI: https://doi.org/10.68897/mjtr.2026.e0005.es

Resumen ciudadano

El estudio examinó prácticas de 2022 en aulas, clínicas odontológicas y baños de una universidad. Las tarjetas mostraron respuestas distintas según la posición y las condiciones de exposición. Su comparación con los objetivos de las prácticas y con los cálculos de irradiancia y tiempo documentó diferencias locales relevantes para interpretar una exposición. Las lecturas visuales son semicuantitativas y corresponden a cada posición evaluada. El trabajo caracteriza exposición física; la eliminación de microorganismos y las infecciones no fueron desenlaces medidos.

Introducción

La exposición UVC recibida por una superficie depende de la irradiancia local y del tiempo de exposición. En un recinto, la posición respecto de la fuente, la orientación y la interposición de objetos generan condiciones de irradiación diferentes. Boyce y colaboradores observaron variación de irradiancia y dosis entre localizaciones de habitaciones hospitalarias evaluadas con un dispositivo móvil [1]. Por tanto, el tiempo de funcionamiento del equipo, considerado aisladamente, describe de forma incompleta la exposición de las superficies.

Los indicadores fotocrómicos permiten registrar cambios de color asociados con la exposición acumulada. Neu y colaboradores evaluaron indicadores fotocrómicos mediante comparación radiométrica y destacaron la relevancia de su protección frente a fuentes luminosas ajenas a la exposición de interés [2]. Su y colaboradores demostraron que la cuantificación del color, acompañada de calibración y caracterización de incertidumbre, puede convertir determinados indicadores en dosímetros cuantitativos [3]. Esos resultados corresponden a indicadores y procedimientos específicos; la comparación visual con una escala impresa constituye una aproximación semicuantitativa.

La interpretación de las tarjetas distinguió la exposición estimada visualmente, el objetivo nominal y la exposición calculada a partir de irradiancia y tiempo. Esta distinción es especialmente relevante en ambientes con mobiliario y superficies de distinta orientación. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la variación de las lecturas dosimétricas de exposición UVC en superficies interiores y compararlas con los objetivos nominales y las exposiciones calculadas en las condiciones evaluadas.

Métodos

Diseño y ámbito

Se realizó un estudio experimental exploratorio de dosimetría ambiental, con análisis descriptivo, en la Universidad Católica Redemptoris Mater, Managua, Nicaragua, en 2022. Los espacios se seleccionaron por conveniencia e incluyeron aulas de computación, arte digital, anatomía, microbiología e histoembriología, clínicas odontológicas y baños. Los investigadores establecieron la disposición de las fuentes, las posiciones de los indicadores y las duraciones de exposición. Se evaluó la respuesta de las tarjetas bajo las condiciones aplicadas.

Los registros se organizaron en doce series C01–C12. La unidad de análisis fue la lectura vinculada a una posición y condición. El archivo incluyó pósteres, fotografías y la planilla Dosis Tesla UV Rays.xlsx de caracterización electrónica de las fuentes. Se conservaron por separado las irradiancias de la planilla y las consignadas en cada póster. Las fotografías repetidas de una tarjeta se consideraron una sola fuente documental. Los responsables ratificaron las lecturas, posiciones, distancias y tiempos, y un especialista revisó la relación entre fuente, medición electrónica y tarjeta. La comprobación distinguió las mediciones electrónicas, las exposiciones calculadas y las lecturas de las tarjetas.

Fuentes de radiación y disposición ambiental

Se emplearon fuentes portátiles y lámparas fijas de techo, con una longitud de onda nominal predominante de 254 nm. Las lámparas instaladas en las aulas fueron fabricadas por Shenzhen Hongmao Lighting Co., Ltd. (Shenzhen, China). Las configuraciones portátiles incluían un carro de 60 W y una torre de 120 W. En odontología, las lámparas fijas de 30 W estaban distribuidas linealmente en el techo, con una separación de 10 m entre lámparas; en histoembriología, las lámparas fijas eran de 10 W y estaban separadas 3 m. Las potencias son nominales y las separaciones describen la instalación, no la distancia de la fuente a cada indicador. C07, C08 y C10 utilizaron el carro portátil; C09, la instalación fija odontológica. Las distancias fuente–indicador registradas abarcaron 1–5 m. La tabla 1 resume las condiciones y la figura 1 ilustra configuraciones del archivo ambiental.

Indicadores fotocrómicos y variables dosimétricas

Se utilizaron tarjetas fotocrómicas UVCiX con referencias de 25, 50, 75, 100, 200 y 300 mJ/cm². Cada tarjeta fue de un solo uso; su exposición prolongada se analizó como una lectura acumulada. La pigmentación se comparó visualmente con la escala, conservando valores e intervalos semicuantitativos. Los valores de 10–15 mJ/cm² se trataron como estimaciones inferiores a la primera referencia impresa. La iluminación de lectura fue variable y se distinguió de la iluminación ambiental durante la exposición. El apagado de las luces de la sala no se interpretó como apagado de la fuente UVC ni como garantía de oscuridad total. La ausencia de pigmentación se clasificó como respuesta cualitativa.

Se expresó la dosis en mJ/cm². Se definieron Hvis como lectura visual, Hobj como objetivo nominal, Hcalc como exposición calculada y Eeq como irradiancia media equivalente. La caracterización electrónica se realizó con un espectrorradiómetro UV HP350UVS, de rango nominal 200–450 nm, y se registró en la planilla. Después se comprobó la exposición acumulada mediante tarjetas. Se distinguió la irradiancia electrónica de la consignada en cada póster. Hcalc se calculó con irradiancia y duración asociadas; Eeq, con dosis visual y tiempo efectivo:

$$Hcalc = Eref \times t$$
$$Eeq = Hvis / t$$
$$tcalc = H / Eref$$
$$R = 100 \times Hvis / Hobj$$

Eref y Eeq se expresan en mW/cm²; t y tcalc, en segundos; y R, en porcentaje. Los minutos se multiplicaron por 60. Hcalc presupone irradiancia constante; tcalc es un tiempo calculado y no sustituye una duración observada. Eeq es un cociente derivado de la tarjeta, no una medición electrónica independiente. La distancia se

conservó como dato geométrico asociado a cada registro, sin inferirla a partir de la dosis o del tiempo. Hobj es un criterio de planificación, no un umbral de eficacia microbiológica validado por este estudio.

Análisis de los registros

El análisis fue descriptivo por posición. Se incluyeron lecturas con unidad dosimétrica identificable y se normalizaron las irradiancias: 1 mW/cm² = 1000 µW/cm² = 10 W/m². Se recalcularon los tiempos objetivo de la planilla mediante tcalc = H/E. Las respuestas cualitativas se conservaron sin dosis numérica. No se trasladó una irradiancia electrónica a una tarjeta sin correspondencia entre fuente, distancia y posición.

Para cada intervalo de lectura se calcularon los cocientes de sus extremos. Los intervalos representan el rango visual consignado, no intervalos de confianza. Los cocientes se redondearon a un decimal y las irradiancias equivalentes a tres cifras significativas. En C06, la duración analizada fue de 30 min, correspondiente al registro de resultados. En C07, la lectura acumulada fue de 40 mJ/cm² tras dos intervalos de 5 min. Las dos lecturas laterales de C03 se describieron sin vincularlas a uno de los tiempos de planificación.

Las comparaciones distinguieron superficie, distancia, duración y fuente. Las observaciones no se consideraron réplicas intercambiables; se presentaron valores individuales e intervalos, sin estimaciones agrupadas ni pruebas de significación. El contraste radiométrico fue aritmético entre Hvis y Hcalc. No se midió reducción microbiana.

Documentación fotográfica

Las imágenes se emplearon para describir la disposición de las fuentes y del mobiliario. Se conservaron las proporciones y los colores de los originales. Las lecturas numéricas se obtuvieron de los registros del estudio; las fotografías se utilizaron como documentación de las configuraciones.

Resultados

Condiciones ambientales y composición del análisis

Las doce series comprendieron configuraciones de exposición en aulas, clínicas odontológicas y baños (tabla 1). Se identificaron catorce lecturas numéricas en ocho series: C02, C03, C04, C06, C07, C08, C09 y C10. Diez de estas lecturas disponían de un objetivo nominal para el cálculo de R y diez estaban vinculadas a una duración efectiva para calcular Eeq. Estos recuentos corresponden a lecturas y series documentales, no a un número de sesiones independientes.

Tabla 1. Condiciones ambientales por serie de registros.

Serie	Ambiente	Configuración y duración consignadas
C01	Computación G2	Carro portátil; 1 m durante 2 y 5 min; 3 m durante 15 min; luces de sala apagadas.
C02	Computación G2	3 m durante 15 min.
C03	Computación G2	Carro de 60 W; tiempos de planificación de 5, 10 y 25 min; lecturas laterales sin tiempo asociado.
C04	Arte digital G1	Mesa a 1 m durante 15 min; respaldo de silla a 2 m durante 30 min.
C05	Histoembriología	Lámparas fijas de 10 W separadas 3 m; tarjetas a 2 m; sesiones de 20 y 60 min.
C06	Microbiología e histoembriología	Tres posiciones durante 30 min; sin distancias métricas asociadas.
C07	Clínica odontológica 6	Carro de 60 W; una lectura acumulada tras 5 + 5 min.
C08	Odontología	Carro de 60 W; mesa y cabecera durante 37 min; luz solar residual por la tarde.
C09	Odontología	Techo: lámparas de 30 W, separación lineal de 10 m; cabecera y escupidera; criterio de silla a 2 m.
C10	Anatomía	Carro portátil; 3 m durante 15 min; condición a 5 m con 25 min en los objetivos.
C11	Anatomía	1 y 5 m durante 25 min; luz solar abundante; comprobación próxima a la fuente de 10 s.
C12	Baños	Dos tarjetas a 1 y 2 m; duración global de 57 min.

C01 y C12 presentaron respuestas descritas como positivas. C01 consignó exposiciones con las luces de la sala apagadas. C08 se realizó por la tarde, en posiciones con menor entrada de luz solar, sin oscuridad total; C11 describió una sala con abundante luz solar. En C05 se registró ausencia de cambio inicial tras 20 min y pigmentación leve en una segunda sesión de 60 min, con las tarjetas a 2 m. En C11 no se observó pigmentación a 1 y 5 m tras 25 min, mientras que la comprobación próxima a la fuente produjo una respuesta visible tras 10 s. En C10, la condición a 5 m se describió cualitativamente como inferior al resultado esperado; los

25 min correspondían al tiempo consignado en los objetivos. C12 comprendió dos tarjetas a 1 y 2 m y una duración global de 57 min, sin lectura numérica por posición.

C02 registró 30 mJ/cm² a 3 m durante 15 min. C03 consignó dos lecturas laterales de 75 mJ/cm² y una tarjeta frontal sin respuesta. Las dosis de planificación de 32,4, 64,8 y 162 mJ/cm² para 5, 10 y 25 min son compatibles con 0,108 mW/cm² consignados en el póster. No se contaron como lecturas adicionales ni se identificaron automáticamente con un valor electrónico de la planilla.

Lecturas dosimétricas e irradiancia media equivalente

Tabla 2. Lecturas por posición, irradiancia media equivalente y relación con el objetivo nominal.

Serie y posición	Lectura (mJ/cm²)	Eeq (mW/cm²)	Objetivo (mJ/cm²)	R (%)
C02 · computación 3 m · 15 min	30	0,0333	32	93,8
C03 · lateral A Distancia y tiempo —	75	—	—	—
C03 · lateral B Distancia y tiempo —	75	—	—	—
C04 · mesa 1 m · 15 min	90–100	0,1–0,111	96	93,8–104,2
C04 · respaldo 2 m · 30 min	50–75	0,0278–0,0417	96	52,1–78,1
C06 · posición A Distancia — · 30 min	35	0,0194	100	35,0
C06 · posición B Distancia — · 30 min	10–15	0,00556–0,00833	100	10,0–15,0
C06 · posición C Distancia — · 30 min	10–15	0,00556–0,00833	100	10,0–15,0
C07 · odontología Distancia — · 10 min	40	0,0667	32	125,0
C08 · mesa Distancia — · 37 min	75	0,0338	—	—
C08 · cabecera Distancia — · 37 min	150	0,0676	—	—
C09 · cabecera Distancia y tiempo —	50	—	162	30,9
C09 · escupidera Distancia y tiempo —	75	—	162	46,3
C10 · anatomía 3 m · 15 min	30	0,0333	32	93,8

Eeq = lectura/tiempo en segundos; R = 100 × lectura/objetivo. —: dato no asociado o cálculo no disponible. A, B y C son posiciones de C06 sin superficie asignada. Eeq es un cálculo derivado. Los intervalos de 10–15 mJ/cm² están por debajo de la primera referencia impresa.

En C04, la lectura a 1 m incluyó el objetivo; a 2 m quedó por debajo. Las tres posiciones de C06 quedaron por debajo de 100 mJ/cm². C07 alcanzó el 125,0 % del objetivo. C08 presentó lecturas de 150 y 75 mJ/cm² tras 37 min. En C09, no se asociaron inequívocamente las duraciones a las tarjetas. C10 registró 30 mJ/cm² a 3 m durante 15 min.

Ocho comparaciones quedaron por debajo del objetivo, una lo incluyó en su intervalo y una lo superó. Los cocientes abarcaron 10,0–125,0 % (figura 2).

Exposición calculada y lectura en el aula G1

Tabla 3. Contraste entre exposición calculada y lectura dosimétrica visual en C04.

Superficie	Distancia (m)	Tiempo (s)	E (mW/cm²)	Hcalc (mJ/cm²)	Hvis/Hcalc (%)
Mesa	1	900	0,108	97,2	92,6–102,9

Superficie	Distancia (m)	Tiempo (s)	E (mW/cm²)	Hcalc (mJ/cm²)	Hvis/Hcalc (%)
Respaldo de silla	2	1800	0,054	97,2	51,4–77,2

E: irradiancia consignada en el póster C04. Hcalc = E × t; Hvis: lectura visual. Objetivo: 96 mJ/cm². Estas irradiancias no se identifican automáticamente con las mediciones de la planilla.

Con las irradiancias consignadas en C04, las dosis calculadas fueron de 97,2 mJ/cm² en ambas posiciones, un 1,25 % superiores al objetivo. Las tarjetas indicaron 90–100 y 50–75 mJ/cm²: 92,6–102,9 % y 51,4–77,2 % de Hcalc (figura 3). Sus irradiancias medias equivalentes fueron 0,100–0,111 y 0,0278–0,0417 mW/cm². La planilla sitúa 0,054 mW/cm² a 1 m para 60 W y 0,092 mW/cm² a 1 m para 120 W; la igualdad de las dosis calculadas en C04 no implica igualdad de la irradiancia local medida electrónicamente.

Caracterización electrónica de las fuentes

Tabla 4. Irradiancias electrónicas a 254 nm y tiempos objetivo recalculados.

Potencia (W)	Distancia (m)	Irradiancia (mW/cm²)	Equivalente (µW/cm²)	Tiempo para 32 (min)	Tiempo para 100 (min)
10	0,2	0,11	110	4,85	15,15
60	0,2	0,33	330	1,62	5,05
60	1	0,054	54	9,88	30,86
120	1	0,092	92	5,80	18,12
60	2,5	0,021	21	25,40	79,37
120	2,5	0,0368	36,8	14,49	45,29

Fuente: Dosis Tesla UV Rays.xlsx, hojas «20 cm», «1 m» y «2.5 m». Los tiempos se calcularon como dosis/irradiancia y no son duraciones observadas ni umbrales de eficacia. Las filas de 222 nm se excluyeron. Las referencias electrónicas, incluida la de 10 W a 20 cm, no se asignaron a tarjetas sin correspondencia geométrica.

A 20 cm, la irradiancia de 0,33 mW/cm² de la fuente de 60 W implica 1,62, 5,05 y 12,63 min para 32, 100 y 250 mJ/cm². Los tiempos de 10, 31 y 78 min consignados en esa fila no reproducen esos objetivos; se utilizaron los tiempos recalculados. La planilla no contiene irradiancias registradas a 2, 3 o 5 m.



Figura 1. Configuraciones ambientales ilustrativas. Izquierda: fuente portátil junto a una unidad odontológica. Centro: fuente portátil entre sillas y mesas de un aula. Derecha: vista de una fuente portátil y su base. Las fotografías describen la disposición visible del equipo y del mobiliario; no representan mediciones de distancia ni una asignación a las posiciones de las tablas.

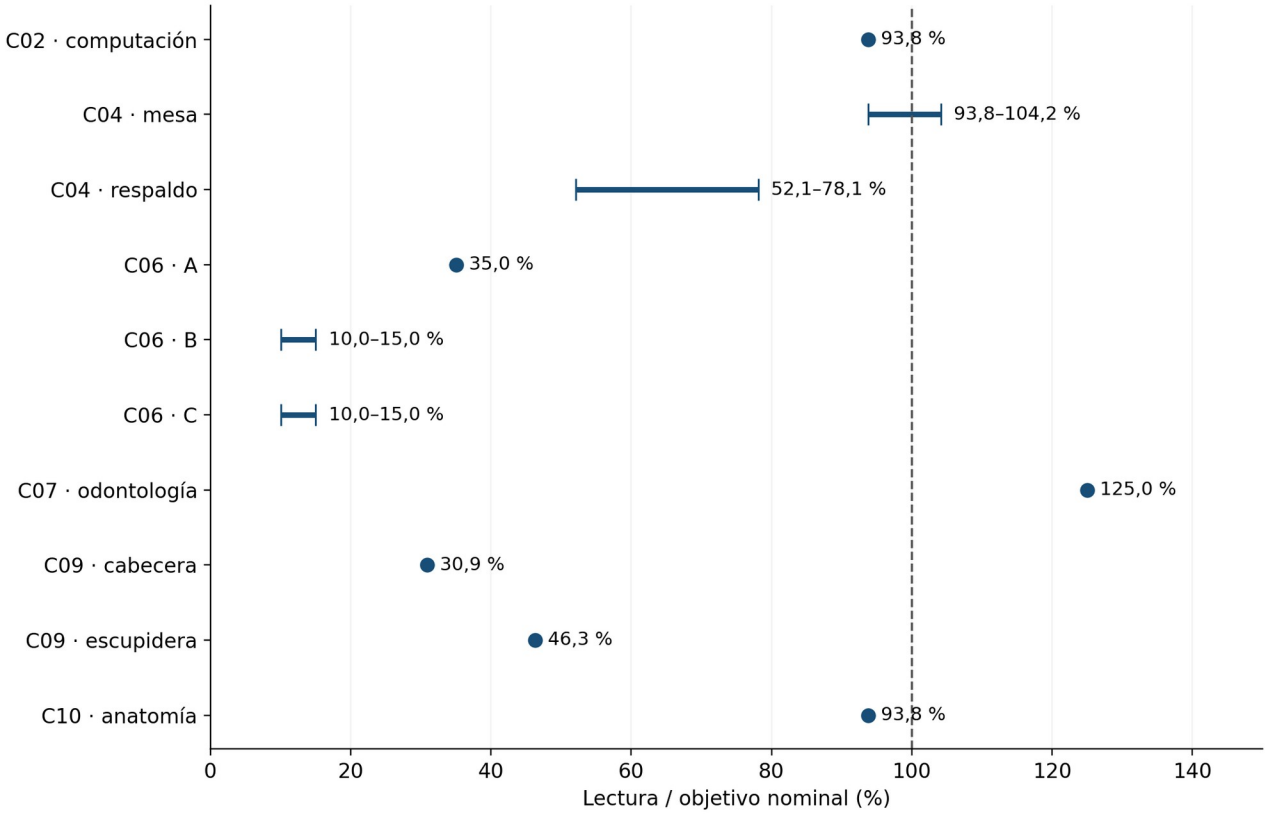


Figura 2. Lecturas dosimétricas expresadas como porcentaje del objetivo nominal. Los puntos representan valores únicos y los segmentos, intervalos de lectura visual. La línea discontinua indica el 100 % del objetivo. C06 incluye estimaciones inferiores a la primera referencia impresa de la tarjeta. C07 corresponde a la lectura final tras 10 min de exposición. Cada fila representa una condición; los segmentos no son intervalos de confianza.

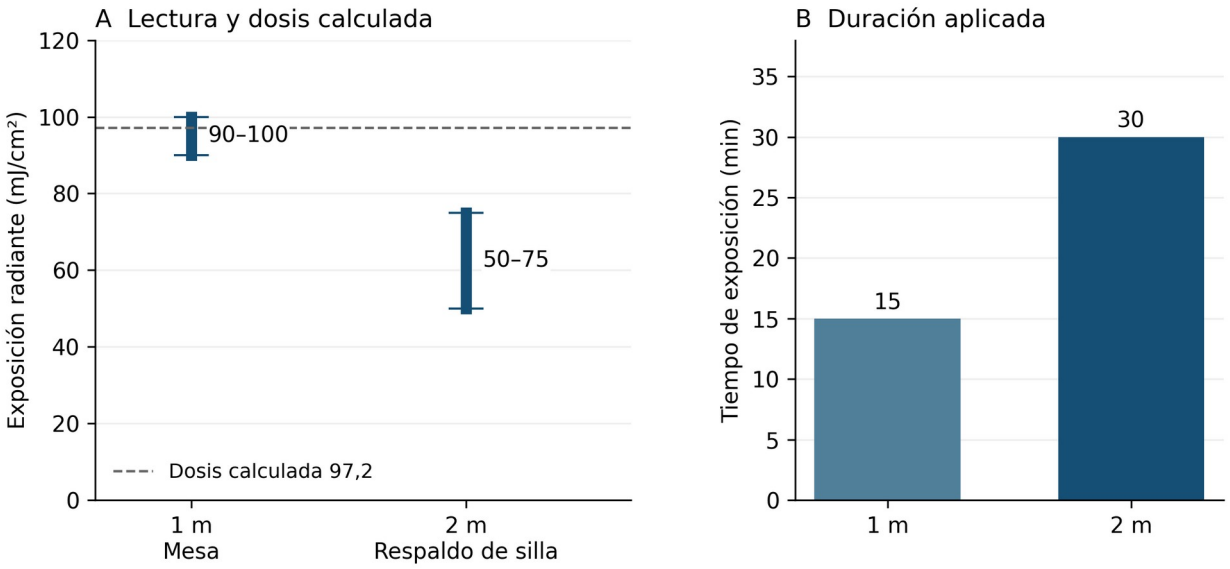


Figura 3. Lecturas y duración en C04. A: intervalos visuales frente a 97,2 mJ/cm² calculados con las irradiancias consignadas en el póster. B: duración por posición. Cambian superficie, distancia y tiempo; el contraste no aísla el efecto de la distancia ni confirma electrónicamente exposiciones iguales.

Discusión

El hallazgo central es la variación de las lecturas entre posiciones y condiciones. En G1, duplicar el tiempo compensó aritméticamente la menor irradiancia consignada, pero las tarjetas mostraron respuestas distintas. Los 97,2 mJ/cm² representan el cálculo de C04 con las irradiancias de su póster. La planilla

electrónica conserva referencias a otras distancias; la comparación documental mantiene separadas esas fuentes y las lecturas locales.

Las diferencias entre cabecera y mesa en C08, y entre cabecera y escupidera en C09, son compatibles con exposición espacialmente heterogénea. Este patrón concuerda con la variación por localización y orientación de sensores descrita por Boyce y colaboradores en habitaciones hospitalarias [1]. Las fotografías contextualizan la disposición del equipo y el mobiliario; la interpretación específica de geometría y superficie se considera en Alcance y limitaciones.

El producto irradiancia × tiempo calcula una exposición bajo irradiancia constante. La lectura fotocrómica depende también de la respuesta del indicador y su interpretación; la respuesta espectral y angular del detector y la calibración afectan la radiometría [4]. C07 y C08 consignaron 0,021 mW/cm² a 1 m; la planilla electrónica registra ese valor a 2,5 m para 60 W. Corresponde a 12,6 mJ/cm² en 10 min y 46,6 mJ/cm² en 37 min en ese punto de referencia. Sin una asociación geométrica con cada tarjeta, esos cálculos no sustituyen sus lecturas. Eeq expresa dosis visual/tiempo, no una medición independiente.

Alcance y limitaciones

El alcance es dosimétrico y semicuantitativo. La lectura visual de las tarjetas caracteriza la respuesta por posición y se distingue de una medición radiométrica independiente. La comparación con irradiancia y tiempo conserva esa diferencia metodológica, conforme a los trabajos sobre indicadores fotocrómicos y su calibración [2,3]. Las diferencias locales frente a exposiciones nominales respaldan una evaluación por superficie y no permiten representar todo el recinto con una única tarjeta.

La selección por conveniencia y la diversidad de superficies, distancias, tiempos y orientaciones delimitan los resultados a las condiciones evaluadas y no permiten aislar un efecto causal de la distancia. Los registros conservan pósteres, fotografías y planilla electrónica, sin hojas originales de campo ni documentación verificable de la calibración histórica. La incertidumbre visual no se cuantificó; faltan repeticiones y orientación del detector para estimar precisión global. La iluminación fue variable y no se evaluó mediante una comparación pareada ni mediciones de iluminancia. Estas características condicionan la exactitud absoluta y la extrapolación, mientras que la comparación por posición conserva el alcance descriptivo de las observaciones.

Conclusiones

Las 14 lecturas numéricas de ocho series documentaron variación local de exposición UVC. Entre diez comparaciones con objetivos nominales, ocho quedaron por debajo, una incluyó el objetivo en su intervalo y una lo superó; los cocientes abarcaron 10,0–125,0 %. En G1/C04, un cálculo de 97,2 mJ/cm² se acompañó de lecturas visuales de 90–100 y 50–75 mJ/cm². La comparación conserva las diferencias de superficie, distancia y tiempo entre esas condiciones.

La evaluación por posición documentó diferencias entre la exposición nominal, la calculada y la respuesta de las tarjetas. Estos resultados respaldan la caracterización dosimétrica de cada superficie bajo su geometría y condiciones de exposición. La lectura semicuantitativa permite describir esa variación local; la eficacia microbiológica y la prevención de infecciones requieren desenlaces distintos de los medidos en este estudio.

Declaraciones

Financiación. El estudio se financió con aportaciones de los participantes.

Autorización institucional. Los procedimientos se realizaron como parte de una actividad académica de investigación autorizada por la decanatura de la Universidad Católica Redemptoris Mater. La universidad aprobó el estudio y la versión final del manuscrito. Las exposiciones ambientales se realizaron sin ocupantes y este análisis no incluyó intervenciones en personas ni datos clínicos individuales.

Contribuciones y aprobación de los autores. Todos los autores participaron en la recolección de datos y en la redacción de los trabajos originales, con contribuciones equivalentes. Todos confirmaron sus nombres, identificadores ORCID y contribuciones, y aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflictos de intereses. El docente que supervisó la actividad académica, Kevin Virgilio Morales Chamorro, es fundador y director ejecutivo de MedETechni, marca que figura en parte del equipo del archivo fotográfico del estudio.

Disponibilidad de datos. Se acompañan las 14 lecturas visuales codificadas, los seis perfiles electrónicos, el diccionario, los cálculos reproducibles y el suplemento dosimétrico. Los pósteres, las fotografías originales y la planilla Dosis Tesla UV Rays.xlsx se conservan como fuentes del expediente. Los datos se proporcionan en el material suplementario del artículo.

Uso de inteligencia artificial. Se utilizó inteligencia artificial generativa basada en un modelo de lenguaje, mediante Codex (OpenAI; modelo GPT-6.1 Sol), como apoyo para la organización documental, la comprobación aritmética y la edición del texto. Los autores mantienen la responsabilidad sobre el contenido final. Las fotografías incorporadas son originales y no fueron generadas ni modificadas mediante inteligencia artificial.

Referencias

1. Boyce JM, Farrel PA, Towle D, Fekieta R, Aniskiewicz M. Impact of Room Location on UV-C Irradiance and UV-C Dosage and Antimicrobial Effect Delivered by a Mobile UV-C Light Device. Infect Control Hosp Epidemiol. 2016;37(6):667–672. doi:10.1017/ice.2016.35.

2. Neu DT, Mead KR, McClelland TL, Lindsley WG, Martin SB, Heil G, et al. Surface Dosimetry of Ultraviolet Germicidal Irradiation Using a Colorimetric Technique. Ann Work Expo Health. 2021;65(5):605–611. doi:10.1093/annweh/wxaa147.

3. Su A, Grist SM, Geldert A, Gopal A, Herr AE. Quantitative UV-C dose validation with photochromic indicators for informed N95 emergency decontamination. PLoS One. 2021;16(1):e0243554. doi:10.1371/journal.pone.0243554.

4. Larason TC, Cromer CL. Sources of error in UV radiation measurements. J Res Natl Inst Stand Technol. 2001;106(4):649–656. doi:10.6028/jres.106.030.

Identificadores de los autores

Autor	ORCID iD	Autor	ORCID iD
Cristel Francely Miranda Lazo	0009-0007-2402-3804	Javier Antonio Chávez Treminio	0009-0002-9191-2509
Lindy Pahola Loza	0009-0008-3360-1028	Jannys Marcela Betancour Urbina	0009-0007-5405-5604
Jennifer López González	0009-0007-8083-912X	Shirly María Moya Arguello	0009-0001-8745-2805
Elba Cristalia González	0009-0008-9088-0991	Gloria Elena Duarte Morales	0009-0006-6000-462X
Axel Alejandro Gámez Guerrero	0009-0002-1725-6785	Ligia Elena Ordóñez Alemán	0009-0009-8650-8190
Pedro Josué Zepeda Espinoza	0009-0008-3760-0487	María José Guadamúz Selva	0009-0000-8633-894X
Alexa Isabella Nicaragua Casaya	0009-0001-1052-0312	María Mercedes Rocha Trujillo	0009-0007-4110-5481
Elmer Francisco Baltodano Mejia	0009-0008-4910-7999	Steyssis Guadalupe Berrios Chávez	0009-0003-0339-528X
Michelle Murillo Sánchez	0009-0005-7023-3509	Alejandra Massiel Dauria Vivas	0009-0009-7653-0351
Bertha Abigail Espinoza Manzanarez	0009-0003-8218-2855	José Alfonso Castillo Rosales	0009-0009-4112-5372
Helen Viviana Cajina Balmaceda	0009-0009-9985-5810	Franchesca Marie Tercero Sánchez	0009-0008-8824-5331
Kristel Dariana Amador Murillo	0009-0000-3418-0650	Fátima Geraldina Chorro Bermúdez	0009-0005-9521-9914
William Morales Bermúdez	0009-0008-6064-1869	Meyling Ignacia Arley Córdoba	0009-0003-3586-7077
Ilfred Mercedes Reyes Jaime	0009-0002-3822-0060	Kevin Alexandro Cazorla Lata	0009-0005-5855-4967
Emily Isabel Vargas	0009-0006-2075-1612	William Conrado	0009-0000-3572-9588
Keysi Javiera Conto Baltodano	0009-0008-5905-6507	Silvio Alejandro Ortega Chow	0009-0004-0087-3343
Dubraska Isabel Estrada Márquez	0009-0001-6757-1014	Amanda Leticia Vega Fong	0009-0003-8787-7656