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 · e0001

Eficacia y seguridad de la radiación far-UVC a 222 nm en humanos y espacios ocupados: revisión sistemática

Efficacy and safety of 222-nm far-UVC radiation in humans and occupied spaces: a systematic review

Kevin Virgilio Morales Chamorro; Gricell Jeraldina Báez Arévalo

MedETechni, Santiago, Chile

Correspondencia: research@medetechni.com

ORCID iD: Kevin Virgilio Morales Chamorro, 0000-0002-0091-692X; Gricell Jeraldina Báez Arévalo, 0009-0007-1071-4081

Resumen

Objetivo. Caracterizar la evidencia sobre efectos cutáneos, oculares, microbiológicos y clínicos de far-UVC de 222 nm en humanos y espacios ocupados, considerando exposición y diseño.

Métodos. Revisión sistemática retrospectiva de evidencia humana y ambiental, con corte principal el 6 de septiembre de 2026 y actualizaciones dirigidas hasta el 27 de septiembre. El inventario contiene 2.552 registros. Se extrajeron diseño, exposición, comparador, desenlaces y denominadores con asistencia de IA y revisión humana de la selección y la extracción. Se conservaron coeficientes ajustados publicados y se calcularon intervalos exactos por estudio, sin metaanálisis.

Resultados. Se incluyeron 17 reportes humanos y 13 ambientales; otros dos reportes ambientales y siete grupos candidatos no contribuyen a la síntesis principal por documentación insuficiente. Los reportes humanos representan 16 familias de estudio y 1.145 reclutamientos, incluidos controles. En el ensayo de heridas, la interacción ajustada al día 15 favoreció el estado de la herida (PSST: β −4,79; IC95% −7,29 a −2,29) y la biocarga (β −2.214,33 CFU/mL; −4.303,54 a −125,13); el intervalo del área incluyó cero (β −11,06 cm²; −22,19 a 0,07; p=0,051). Algunos regímenes oculares produjeron molestias y hallazgos superficiales. El registro D17 no produjo datos de daño de ADN. E15 informó reducciones de biocarga en superficies, con diferencia estadística en cuatro de cinco tipos de superficie.

Conclusiones. La síntesis identifica actividad antimicrobiana de far-UVC de 222 nm y resultados ajustados favorables para PSST y biocarga en un ensayo de heridas; el efecto sobre el área al día 15 fue incierto. Su contribución es vincular cada resultado y efecto adverso con la exposición, el diseño y su denominador. Los hallazgos se circunscriben a las condiciones estudiadas y no establecen prevención causal de infecciones ni seguridad universal o prolongada.

Abstract

Objective. To characterize evidence on skin, ocular, microbiological and clinical effects of 222-nm far-UVC in humans and occupied spaces, considering exposure and study design.

Methods. Retrospective systematic review of human and environmental evidence, with a main cutoff of 6 September 2026 and targeted updates through 27 September. The inventory contains 2,552 records. Design, exposure, comparator, outcomes and denominators were extracted with AI assistance and human review of study selection and data extraction. Published adjusted coefficients were retained and exact study-level intervals calculated, without meta-analysis.

Results. Seventeen human and 13 environmental reports were included; two additional environmental reports and seven candidate groups did not contribute to the main synthesis because documentation was insufficient. Human reports represented 16 study families and 1,145 recruitments, including controls. In the wound trial, adjusted day-15 interactions favored wound status (PSST: β −4.79; 95% CI −7.29 to −2.29) and bioburden (β −2,214.33 CFU/mL; −4,303.54 to −125.13); the confidence interval for wound area included zero (β −11.06 cm²; −22.19 to 0.07; p=0.051). Some ocular regimens produced discomfort and superficial findings. Registry D17 yielded no DNA-damage data. E15 reported surface-bioburden reductions, with statistical differences in four of five surface types.

Conclusions. The synthesis identifies antimicrobial activity of 222-nm far-UVC and favorable adjusted PSST and bioburden outcomes in one wound trial; the day-15 wound-area effect was uncertain. Its contribution is to link each result and adverse effect to exposure, study design and its denominator. Findings apply to the conditions studied and do not establish causal prevention of infections or universal or long-term safety.

Puntos clave

Pregunta. ¿Qué muestran los estudios humanos y ambientales sobre los efectos de far-UVC de 222 nm bajo condiciones de exposición documentadas?

Hallazgos. Diecisiete reportes humanos y trece ambientales aportan resultados de exposición y desenlaces distintos. En heridas, el resultado ajustado de PSST al día 15 fue −4,79 puntos (IC95% −7,29 a −2,29); el del área fue −11,06 cm² (−22,19 a 0,07). Algunos regímenes oculares produjeron molestias y hallazgos superficiales.

Significado. La matriz vincula los resultados clínicos, microbiológicos y de seguridad con las condiciones en que se observaron y sus denominadores, facilitando una interpretación específica por aplicación.

Palabras clave

far-UVC; 222 nm; exposición humana; espacios ocupados; seguridad ocular; revisión sistemática.

Keywords

far-UVC; 222 nm; human exposure; occupied spaces; ocular safety; systematic review.

Resumen ciudadano

La luz ultravioleta de 222 nanómetros se estudia para reducir microorganismos y para algunas aplicaciones localizadas, como el cuidado de heridas. Revisamos qué se ha observado en personas vivas y en espacios ocupados durante la emisión. Organizamos los resultados según el tipo de fuente, la exposición y lo que cada estudio midió.

Información del artículo

Tipo de artículo: Revisión sistemática

Modelo de publicación: Continua

Título y clasificación actualizados el 17 de octubre de 2026

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.23440264

Resumen ciudadano

La luz ultravioleta de 222 nanómetros se estudia para reducir microorganismos y para aplicaciones localizadas, como el cuidado de heridas. Esta revisión reúne 17 reportes humanos y 13 ambientales y organiza sus resultados según la fuente, la exposición y el desenlace medido. Algunos trabajos encontraron reducciones de microorganismos. Un ensayo en heridas mostró resultados favorables en el estado de la herida y la biocarga, con un efecto incierto sobre el área al día 15. Los estudios oculares también registraron molestias transitorias y cambios superficiales bajo ciertos regímenes. La principal contribución es identificar qué se observó en cada aplicación y bajo qué condiciones. Las diferencias de diseño y seguimiento y el acceso incompleto a algunos textos delimitan el alcance de la síntesis; estos resultados no establecen seguridad prolongada ni prevención general de infecciones.

Plain-language summary

Ultraviolet light at 222 nanometres is studied to reduce microorganisms and for local applications such as wound care. This review brings together 17 human and 13 environmental reports and organizes their findings by source, exposure and measured outcome. Some studies found reductions in microorganisms. One wound trial showed favorable wound-status and bioburden outcomes, with an uncertain effect on wound area at day 15. Ocular studies also reported temporary discomfort and superficial changes under certain regimens. The main contribution is to identify what was observed in each application and under which conditions. Differences in design and follow-up and incomplete access to some full texts delimit the scope of the synthesis; these findings do not establish long-term safety or general prevention of infections.

Introducción

La radiación de 222 nm se investiga para reducir microorganismos en presencia de personas y para aplicaciones localizadas, como el cuidado de heridas. La evaluación de su utilidad relaciona el espectro emitido, la irradiancia, la exposición radiante, la geometría y la duración con el resultado medido. Los experimentos mecanísticos y la reducción de biocarga no responden por sí solos a preguntas sobre infecciones humanas o seguridad prolongada. [28–30]

Esta revisión organiza la evidencia humana in vivo y, en un estrato secundario, la evidencia ambiental en espacios ocupados. Su objetivo es comparar resultados conservando la unidad de análisis y las condiciones de exposición, y distinguir hallazgos clínicos, biomarcadores, sustitutos microbiológicos y factibilidad. La distinción entre espacios de uso humano y espacios ocupados mientras emite la fuente permite interpretar la aplicabilidad de los resultados.

Métodos

Pregunta, elegibilidad y cronología

Se incluyeron estudios originales de exposición humana in vivo a una fuente cuya emisión principal es de 222 nm y estudios ambientales con ocupación real durante la emisión. Los desenlaces elegibles fueron efectos cutáneos u oculares, infección, cicatrización, biocarga, dosimetría y aceptabilidad. Los estudios animales, celulares o ex vivo, los experimentos en cámaras vacías, las simulaciones puras y otras longitudes de onda se conservaron como contexto cuando correspondía. La ausencia de dosimetría por sí sola no se utilizó como criterio de exclusión.

La revisión sistemática se desarrolló retrospectivamente, con decisiones documentadas desde el 5 de septiembre de 2026 y enmiendas locales de los días 6 y 7. No se dispone de un registro público prospectivo del protocolo. Las decisiones y sus identificadores se conservaron en la base de evidencia para mantener la trazabilidad de las actualizaciones.

Fuentes y búsqueda

El registro de búsqueda de la base de evidencia informa 903 registros de PubMed, 986 de Europe PMC y 2.490 apariciones de OpenAlex para el corte principal del 6 de septiembre de 2026, sin filtros de idioma, resultado favorable ni acceso abierto. Los conteos se conservan como procedencia documentada; las cadenas completas y las exportaciones nativas históricas no están disponibles en el suplemento de esta publicación. PubMed incluye MEDLINE y otros registros; Europe PMC y OpenAlex contienen registros también indexados en PubMed.

La documentación de búsqueda también describe ClinicalTrials.gov, registros conocidos y referencias dirigidas, con búsqueda complementaria de acceso hasta el 8 de septiembre; para Europe PMC registra un límite inferior de 1900 y para OpenAlex un piloto separado de los conteos principales. No se dispone en el suplemento de exportaciones finales de Embase, CENTRAL o Scopus/Web of Science ni de un formulario de revisión PRESS. Por ello, la cobertura y reproducibilidad históricas tienen límites documentales que se consideran al interpretar los resultados. [1]

Actualización dirigida y consulta suplementaria

La base registra dos consultas PubMed por fechas de entrada y modificación del 6 al 13 de septiembre de 2026, con los mismos dos registros (PMID 42723408 y 42721848), excluidos en primera evaluación IA por ser ajenos al alcance. El inventario de aquella actualización contenía 2.549 registros. Las consultas y sus resultados se documentan en el registro de búsqueda.

Después de un intento fallido de acceso a Europe PMC el 13 de septiembre, se ejecutaron el día 14 dos consultas suplementarias nuevas en TITLE_ABS con los términos far-UVC, faruvc, far UVC, far ultraviolet, far-ultraviolet, 222 nm, 222nm y KrCl, combinados mediante OR. Se aplicaron, por separado, ventanas FIRST_IDATE y UPDATE_DATE del 6 al 13 de septiembre; ambas devolvieron 0 registros. Las estrategias y respuestas nativas se adjuntan. Un control positivo recuperó A135 (1 resultado), sin que ello demuestre sensibilidad exhaustiva. Estas consultas no

reconstruyen la estrategia histórica. El corte principal sigue siendo el 6 de septiembre y el 13 corresponde a la primera actualización dirigida; no se realizó una nueva búsqueda global de las demás bases.

El 27 de septiembre se ejecutó una actualización dirigida adicional en Europe PMC, con ventanas FIRST_IDATE y UPDATE_DATE del 14 al 27 de septiembre: 1 y 9 apariciones, respectivamente, y 9 registros únicos. Siete ya figuraban en el inventario; se añadió un estudio de tratamiento de agua excluido por alcance y la publicación completa de Yaghi, enlazada con A246 e incluida como E15. La revisión dirigida de registros recuperó NCT05313555, incluido como D17. Los tres registros nuevos elevan la biblioteca a 2.552. Se archivan estrategias, respuestas nativas y decisiones. Esta actualización no sustituye una nueva búsqueda global. [58,59]

Selección, deduplicación y trazabilidad

El registro histórico consigna 4.379 apariciones, 1.832 duplicados eliminados y 2.547 registros, vinculados por PMID, DOI e identificador de fuente. Se conservaron 61 decisiones anteriores y se evaluaron mediante IA los 2.486 títulos restantes: 2.097 exclusiones, 110 entradas de contexto y 279 registros para lectura en 248 grupos. Son agrupaciones operativas de registros, no estudios independientes. Sin las exportaciones originales no es posible reproducir cada eliminación histórica de duplicados.

La integración histórica actualizó 26 grupos correspondientes a 30 registros: 18 tuvieron decisión resuelta en primera evaluación y 8 grupos (9 registros) tuvieron información insuficiente. La publicación completa de Yaghi resolvió A246 como E15 el 27 de septiembre; los siete grupos restantes se conservan como no clasificables con la documentación disponible y no aportan resultados a la síntesis principal. E07/E08 son dos reportes ambientales adicionales sin texto principal recuperado. Las razones y fuentes se detallan en S7–S8. [1,59]

Se renovó la recuperación dirigida de E07, E08, A044, A165 y A197 el 7 de octubre, sin obtener sus textos principales. Para A197 tampoco se pudo verificar la disponibilidad de un informe escrito completo frente al registro de presentación de congreso. La falta de acceso no se trata como exclusión científica: estos documentos se mantienen fuera de los resultados verificados, con procedencia y motivos explícitos en S8. La unión de estos cinco casos y los siete grupos candidatos comprende nueve identificadores distintos; A044, A165 y A197 figuran en ambas listas.

Extracción y unidades

La matriz registra diseño, población, reclutamiento, familia de estudio, comparador, fuente y filtro, irradiancia, exposición radiante, duración, sitio, resultado, financiación y localizador. Las adjudicaciones conservan su nivel de acceso; los datos nuevos se enlazan a página, tabla o sección primaria. Se distinguen reclutados, analizados, observados por tiempo, personas expuestas, controles y unidades repetidas. Los reportes de seguimiento se vinculan a su familia de estudio y no añaden reclutamientos; no se añade un N para Pratt 2023. La revisión humana ratificó la selección de estudios, la extracción de datos y las valoraciones del riesgo de sesgo y la certeza de la evidencia.

Se informa el número de reclutamientos contabilizados por familia de estudio. Los 1.145 reclutamientos incluyen controles y no constituyen un denominador general de seguridad. Los 31 donantes de Wimmer no se añaden porque se irradiaron muestras ex vivo. Para exposición continua en un mismo plano se usa H (mJ/cm²)=E (µW/cm²)×t (s)/1.000; ciclos, geometría y movimiento impiden trasladar una irradiancia máxima directamente a dosis personal. Pitts estudió ojos de conejo con otras longitudes de onda; sus umbrales no se trasladan a humanos expuestos a 222 nm. [31]

Riesgo de sesgo y certeza

La base de evidencia conserva juicios por dominio para Tsai, referidos al efecto de asignación y tres resultados al día 15. La evaluación utiliza los dominios de RoB 2 de aleatorización, desviaciones, datos faltantes, medición y selección del resultado; las respuestas completas a las preguntas de señalización no se adjuntan. Para Kristensen se describen dominios ROBINS-I 2016, con confusión crítica por centro. En los demás diseños se presentan limitaciones descriptivas, sin atribuir una evaluación formal completa cuando no está documentada. La asignación de condiciones por día en Kousha exige considerar los diseños cruzados y la unidad de aleatorización. [2,3,42]

Los perfiles de certeza se organizan por desenlace y consideran sesgo, inconsistencia, indirectitud, imprecisión y evidencia faltante. Los revisores ratificaron los juicios de certeza conforme a los dominios y formularios utilizados. La financiación se describe sin reemplazar un dominio de sesgo, y un tamaño pequeño afecta la precisión sin demostrar por sí mismo sesgo. Las métricas ambientales heterogéneas no reciben una calificación global única. [43]

Síntesis y cálculos

Se realizó una síntesis sin metaanálisis, agrupando por desenlace, espectro, comparador y régimen. Se evitaron el conteo de significaciones como medida de efecto y la combinación de resultados con unidades o tiempos incompatibles. Se calcularon intervalos binomiales exactos Clopper–Pearson bilaterales del 95% para cinco proporciones o subgrupos por estudio; no corrigen selección ni sesgo. Los coeficientes GEE y aIRR se extrajeron de publicaciones, sin reanálisis de datos individuales. [4]

Los controles compartidos y las observaciones repetidas no se trataron como personas independientes. Kristensen se excluyó de la inferencia causal principal, conservando su asociación como descripción. Se comprobaron sensibilidades de inventario al retirar D15/D16 y al retirar E14 o los preprints E01/E14; no son reanálisis de efecto. No se aplicaron pruebas de asimetría ni una evaluación formal ROB-ME; la posible influencia de evidencia faltante se examinó narrativamente.

Resultados

Tabla 1. Inventario y alcance de la evidencia.

Evidencia incluida	Interpretación
17 reportes humanos / 16 familias de estudio	1.145 reclutamientos, incluidos controles, contabilizados por familia de estudio; los denominadores de los desenlaces se conservan por estudio.
13 reportes ambientales	Resultados de aire, superficies, dosimetría y operación; 2 reportes con documentación insuficiente se describen por separado.
Síntesis de resultados sin metaanálisis	Se conservan resultados ajustados, unidades de análisis y límites de generalización.

Inventario y flujo de trabajo

Tabla 2. Flujo documental; las unidades de cada etapa no son intercambiables.

Etapa	Cantidad	Interpretación
Recuperación principal	4.379 apariciones	903 PubMed + 986 Europe PMC + 2.490 OpenAlex
Biblioteca histórica (6 septiembre)	2.547 registros	Identificadores bibliográficos; no estudios únicos
Decisiones anteriores conservadas	61 registros	60 enlaces previos + Wimmer
Títulos evaluados mediante IA	2.486	Primera evaluación IA; cero títulos sin evaluar
Retenidos para lectura de resumen	279 registros / 248 grupos	Agrupación de lectura; no deduplicación final
Grupos evaluados / sin clasificación definitiva	26 grupos históricos; 7 abiertos tras resolver A246	18 decisiones R1 históricas; A246 resuelto el 27/09; E07/E08 adicionales
Inventario humano	17 / 16 / 1.145	Reportes / familias de estudio / reclutamientos
Ambientales	13 retenidos + 2 con documentación insuficiente	No suma a N humano; E07/E08 sin texto principal
Actualización dirigida y biblioteca vigente	5 registros de actualización acumulados; total 2.552	Actualización previa: 2 excluidos. 27/09: Chen excluido, E15 y D17 incluidos; A246 enlazado, sin duplicación.

El inventario humano comprende 17 reportes, 16 familias de estudio y 1.145 reclutamientos. D09 es el seguimiento de cuatro participantes de D06 y se contabiliza dentro de esa familia. D17 aporta 23 reclutados, incluidos 20 expuestos a UV-C y 3 controles UV-B. Al retirar los informes exploratorios D15/D16, quedan 15 reportes, 14 familias de estudio y 1.141 reclutamientos.

Estudios humanos: diseño, exposición y resultado

Las características de D01–D16 se presentan en las fichas S7.1–S7.16. Se distinguen efectos cutáneos, oculares, heridas, infecciones y aceptabilidad; D17 se describe a continuación y en S7.17.

D17 · University of Michigan, resultados de registro 2026 [58]

El registro NCT05313555 informa un ensayo abierto terminado tras el cierre del patrocinador. Se reclutaron 23 personas: 3 recibieron UV-B y 20 UV-C filtrada de 200–230 nm, con pico en 222 nm. El registro describe asignación aleatoria UV-B/UV-C y elección del número de ciclos por el participante: 1, 10, 15 o 25 ciclos (n=6, 4, 6 y 4). No informa irradiancia ni exposición radiante suficientes para reconstruir dosis. Las biopsias se obtuvieron, pero nunca se analizaron por falta de financiación; el desenlace primario de daño de ADN no tiene resultados. [58]

Hasta una semana no se notificaron muertes ni eventos graves. Se registró un evento no grave de cicatrización subóptima del sitio de biopsia en el grupo de un ciclo UV-C (1/6; 1/20 del total UV-C); la evaluación de eventos fue no sistemática y no establece causalidad de UV-C. D17 aporta 23 reclutados a una nueva cohorte (C16), incluidos controles, pero cero participantes con resultado de ADN analizado. No se utiliza como evidencia de ausencia de daño molecular ni se combina con denominadores de seguridad de otros estudios. [58]

Efectos cutáneos y biocarga de manos

La fuente no filtrada de Woods se analiza separadamente por su espectro. Entre las fuentes filtradas, D02, D04 y D13 aportan 104 participantes con observación de eritema; D03 aporta biopsias y no se suma a ese desenlace clínico. Fukui e Hickerson describen señales moleculares mediante técnicas distintas. La ausencia de eritema, por tanto, no equivale a un resultado molecular ni a un desenlace crónico. Esta separación permite interpretar la evidencia

sin atribuir causalmente las diferencias observadas solo al filtro. [5–8,32]

Hessling aporta un ensayo de manos de un autor con cinco repeticiones. La reducción media publicada en mano desnuda fue 1,04±0,13 log10 y 88,2±4,3%; con guante, 1,33±0,15 log10 y 93,6±2,5%. Se conservaron las medias de reducciones por ensayo: no se reemplazaron por una razón de medias de CFU, que estima otra cantidad. Las dosis fueron 23 mJ/cm² para piel y 100 mJ/cm² para guante. El trabajo no investigó la seguridad cutánea. [39]

Hallazgos oculares y comprobación de la fuente

La evidencia ocular combina observación ocupacional de baja exposición, estudios cruzados por días y exposición de un ojo con protección contralateral. Los cinco participantes de Sugihara presentaron molestias transitorias, pese a no identificarse fotoqueratitis clínicamente significativa a 24 horas. La extensión ocupacional a 36 meses evaluó solo cuatro integrantes de la cohorte original. Estas observaciones tienen regímenes, denominadores y seguimientos diferentes. [10–13]

Kaidzu evaluó seis condiciones con seis personas cada una; los participantes eligieron fecha sin conocer la condición. Treinta recibieron far-UVC y seis luz visible. En el grupo de mayor exposición, la tabla informa cinco de seis con molestia derecha a seis horas. Un participante conservó tinción ocular a las 24 horas, aunque sin molestias; el seguimiento no permite establecer su evolución posterior. [15]

Tabla 3. Discrepancias de la fuente primaria de Kaidzu y tratamiento en esta síntesis.

Discrepancia en Kaidzu	Tratamiento en HF01
Irradiancia: µW/cm² en Tabla 1 y mW/cm² en otras partes	Se conserva la discrepancia. El producto de irradiancia y tiempo de Tabla 1 reproduce 5,4–21,6 mJ/cm².
5/6 rotulado como 88,3%	Se conservan 5 y 6; el porcentaje calculado es 83,33%.
Asterisco p<0,05 para 5/6 vs 2/6	Fisher bilateral con márgenes publicados da p=0,2424. Cálculo pareado condicional: p=0,25 bajo tres discordancias en una dirección; no sustituye los pares no disponibles ni valida el asterisco original.
β dosis 0,034 con IC –0,002 a –0,001	El intervalo no contiene el coeficiente. Se excluye de uso cuantitativo hasta aclaración.

Las discrepancias de la fuente se describen junto con los cálculos de comprobación utilizados en esta síntesis. Los umbrales de comodidad propuestos por sus autores son exploratorios y no se convierten en límites validados de seguridad. La financiación se atribuye a Blueprint Biosecurity y la cooperación técnica a Ushio, según la fuente. [15]

Heridas: denominadores y análisis ajustado

Tsai aleatorizó 70 pacientes, 35 por brazo. El conjunto analítico fue de 65 (33/32), con 63 mediciones en T1 (32/31) y 57 en T2 (28/29). El tamaño del conjunto analítico se distingue del número de mediciones disponibles en cada momento. Las exclusiones y altas posteriores a la aleatorización, el ajuste por numerosas covariables y la medición semicuantitativa de CFU limitan la interpretación. [14]

Tabla 4. Interacciones grupo×tiempo ajustadas del modelo GEE publicado por Tsai. [14]

Desenlace	Tiempo	β ajustado (IC95%)	p
PSST (puntos)	T1/día8	-3,01 (-5,18 a -0,85)	=0,006
PSST (puntos)	T2/día15	-4,79 (-7,29 a -2,29)	<0,001
Biocarga (CFU/mL)	T1/día8	-357,09 (-2.282,07 a 1.567,89)	=0,716
Biocarga (CFU/mL)	T2/día15	-2.214,33 (-4.303,54 a -125,13)	=0,038
Área (cm²)	T1/día8	-7,04 (-13,64 a -0,45)	=0,036
Área (cm²)	T2/día15	-11,06 (-22,19 a 0,07)	=0,051

PSST: Pressure Sore Status Tool (escala de estado de la úlcera por presión). CFU/mL: unidades formadoras de colonias por mililitro. β: coeficiente no estandarizado de interacción; valores negativos favorecen el grupo irradiado frente al control en el cambio desde el inicio. Las p publicadas no están corregidas aquí por multiplicidad.

Al día 15, PSST y biocarga presentan intervalos que excluyen cero. El área al día 15 no lo excluye (p=0,051); p=0,019 corresponde al contraste transversal simple y no corresponde a ese efecto ajustado. Una frase del texto contradice la significación bacteriana de la tabla; se conserva la discrepancia. La financiación m.h. bio-optical y el fabricante Delta Electronics se identifican por separado. No se imputan cero eventos adversos entre los 70 aleatorizados. [14]

Goh informó disminución bacteriana en 59 de 68 sesiones, correspondientes a 16 pacientes. Las sesiones repetidas no constituyen observaciones humanas independientes. La diferencia de diseño, exposición y análisis impide combinar ese porcentaje con el coeficiente GEE de Tsai. [9,14]

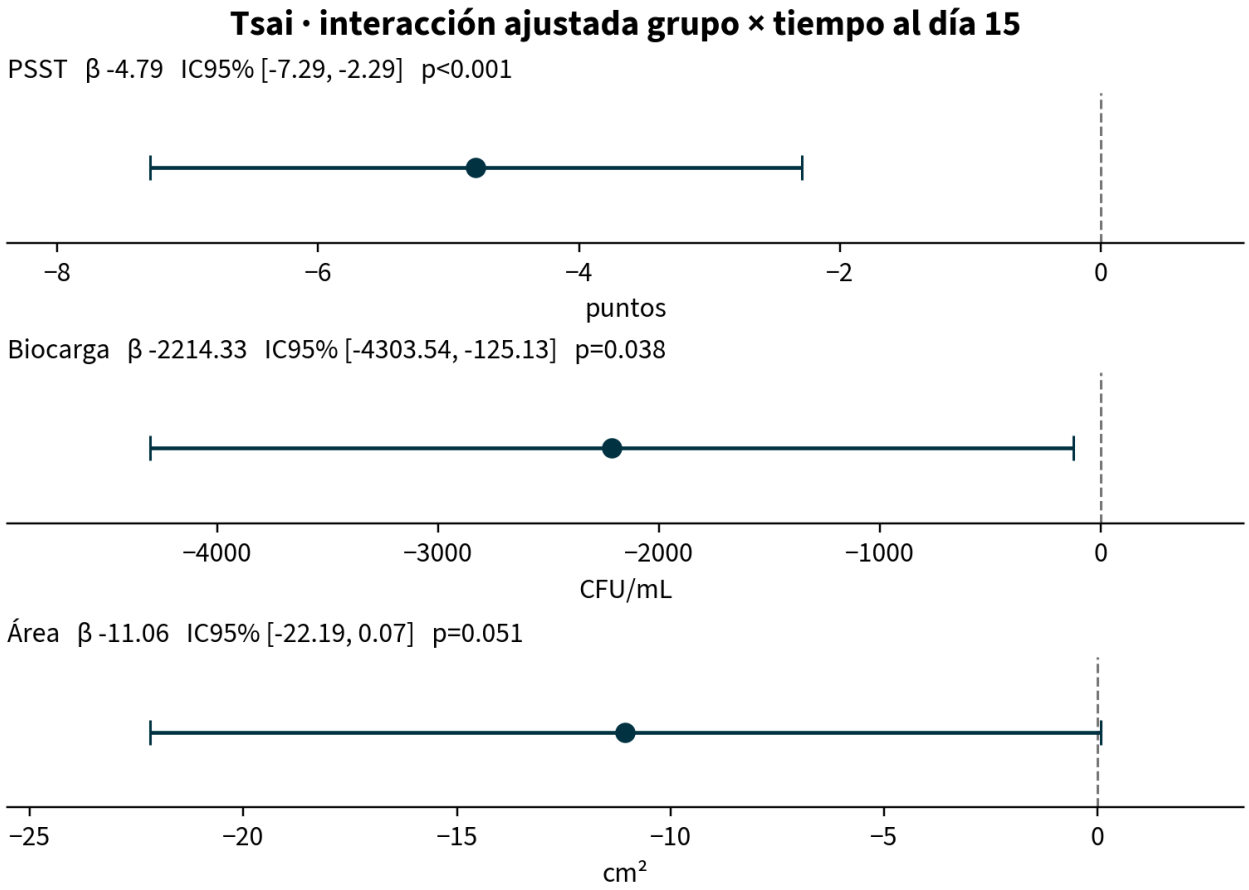

Figura 1. Interacciones grupo×tiempo publicadas en el modelo GEE de Tsai al día 15. Los tres paneles tienen unidades distintas; los intervalos son del 95%. No se calcula un efecto combinado. El área cruza cero. Fuente: Tabla 4 del artículo, transcripción en la base HF01. [14]

Infecciones y aceptabilidad

Kristensen incluyó 635 residentes: 76 en áreas comunes irradiadas, 89 en comunes y habitaciones, y 470 controles. Las aIRR de infección fueron 0,12 (0,04–0,34) y 0,69 (0,23–2,07). Al existir una residencia por brazo activo, la exposición se confunde con el centro; por ello estas asociaciones se muestran descriptivamente y su interpretación se limita a la asociación observada. [16]

Wang incluyó 202 pacientes con UV idéntica en ambos brazos. Las infecciones 13/101 frente a 3/101 comparan cuidados psicológicos y no estiman el efecto UV. En Pratt, tres voluntarios usaron prendas con Care222 durante trabajo de laboratorio y describieron interferencia mínima; el reporte informa aceptabilidad sin un desenlace clínico de infección, dosimetría personal ni vigilancia formal de eventos UV. La publicación de 2023 se conserva como contexto; el inventario contabiliza los tres reclutamientos del reporte de 2024. [33,40]

Evidencia ambiental en espacios ocupados

Trece reportes ambientales integran la síntesis principal. Aire, superficies, química, dosimetría y operación manual se separan según desenlace y tipo de presencia humana; los reportes de una misma instalación no constituyen replicaciones independientes. Las fichas detalladas están en S7. E07/E08 se mantienen como evidencia documental insuficiente fuera de la síntesis principal, en S8. [18–26,34–36,41,44,59]

En E14 la presencia del operador se documenta porque el equipo exige mantener pulsados los controles durante la emisión; no acredita pacientes presentes. Al excluir E14 quedan 12 reportes ambientales retenidos. Al exigir ocupación ordinaria y retirar las dos aplicaciones manuales E14/E15, quedan 11. El intervalo de Navarathna es bayesiano, no un intervalo de confianza frecuentista. La exclusión conjunta de los preprints E01/E14 deja 11 reportes ambientales. Estas sensibilidades modifican el inventario, no estiman un efecto combinado ni cambian los resultados humanos. [44,59]

En E04 los muestreadores MD8 y Andersen representan la misma clínica. Su combinación ya publicada no se reproduce como metaanálisis de dos estudios. El equivalente de 6,5 renovaciones adicionales por hora depende de un modelo de mezcla y de aproximadamente 10 ACH; no es una medición independiente de ventilación. En E12 se conserva el SEM publicado y el contraste por réplicas; no se atribuyen a 222 nm los experimentos de ventiladores con fuentes de 254 nm. [21,36]

E15 · Yaghi et al., 2025 [59]

Yaghi et al. estudiaron cinco superficies de salas de trabajo de hematología y trasplante en MD Anderson durante 24 semanas: 440 placas, 220 antes y 220 después, equivalentes a 44 pares por

superficie. Un dispositivo manual filtrado de 222 nm se aplicó a ≤ 2,5 cm durante 20 s de forma estacionaria y 20 s con movimiento circular; no se informó una dosis radiante numérica. La presencia del operador durante la emisión se infiere de esta maniobra manual descrita y es coherente con el criterio aplicado a E14; no se presume presencia de pacientes u otros ocupantes. [59]

Las medias de reducción publicadas fueron 63,20% para el dispositivo de dictado, 83,35% para ratón, 78,62% para apoyabrazos, 77,31% para escritorio y 53,41% para teclado. La Tabla 1 comunica p=0,0001 para las primeras cuatro superficies y p=0,371 para teclado. Se preservan las medias de porcentajes por par y sus SEM en la fuente, sin sustituirlas por razones de medias. El diseño antes/después, las áreas adyacentes y las mediciones repetidas limitan la inferencia. No mide infecciones evitadas ni seguridad personal. La publicación completa se enlaza con el resumen A246 por centro, duración, superficies y número de placas: constituyen una familia E15, distinta de E14. La financiación comercial se declara en la fuente. [59]

Tabla 5. Reducción de biocarga por tipo de superficie en E15. [59]

Superficie	Reducción media % ± SEM	p
Dispositivo de dictado	63,20 ± 7,73	0,0001
Ratón	83,35 ± 7,00	0,0001
Apoyabrazos	78,62 ± 3,65	0,0001
Escritorio	77,31 ± 4,78	0,0001
Teclado	53,41 ± 10,37	0,371

Cada fila resume 44 pares antes/después; los 220 pares no representan 220 personas. SEM: error estándar de la media. Se conservaron las medias de porcentajes publicadas; el teclado no tuvo diferencia estadística al umbral de 0,05.

Precisión, certeza y evidencia faltante

Tabla 6. Proporciones individuales e intervalos exactos del 95%.

Reporte / desenlace	Eventos / N	IC95% exacto
D02 · reacción visible	0/20	0,00% a 16,84%
D13 · reacción visible	0/83	0,00% a 4,35%
D13 · subgrupo con fotosensibilidad anormal	0/46	0,00% a 7,71%
D08 · molestia ocular	5/5	47,82% a 100,00%
D11_subgrupo · molestia ocular	5/6	35,88% a 99,58%

Los intervalos corresponden a desenlaces distintos; no se agrupan. El subgrupo de 46 está contenido en los 83 participantes de Christou; su intervalo adicional no representa una nueva cohorte. Cero eventos observados no fija el riesgo real en cero. Se presentan como precisión descriptiva condicionada al modelo binomial. [6,12,15,32]

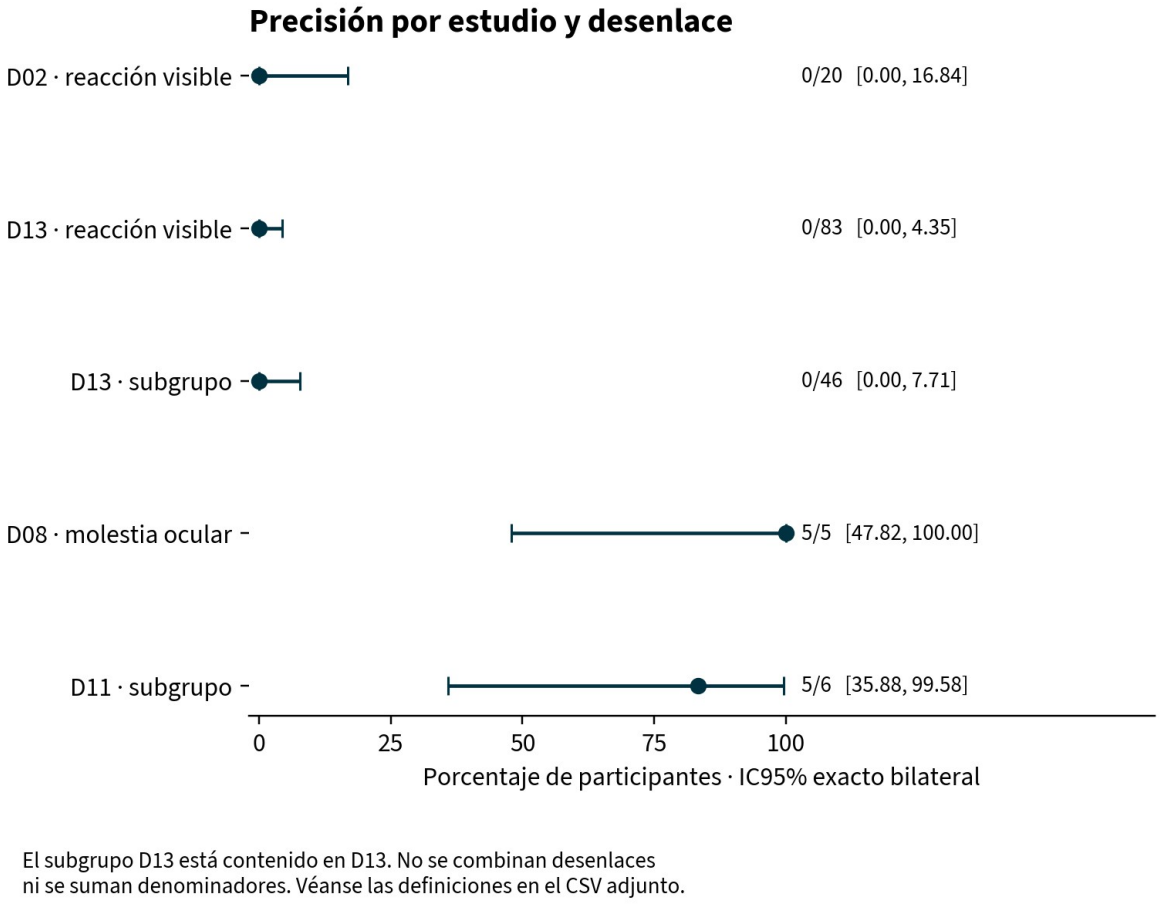

Figura 2. Precisión descriptiva de proporciones individuales. Intervalos Clopper–Pearson bilaterales del 95%; el subgrupo D13 de 46 está contenido en D13 de 83. Los desenlaces difieren y no se combinan. Cero eventos observados no implica riesgo cero. [6,12,15,32]

Tabla 7. Valoración de certeza de la evidencia por desenlace.

Desenlace	Certeza / razón principal
Eritema / CPD filtrados	Muy baja: selección, comparación localizada, medidas y precisión limitadas.
Ojo y confort	Muy baja: diseños mixtos, pérdidas, imprecisión y discrepancias de fuente.
Biocarga y estado de heridas	Muy baja: ensayo con RoB alto, pérdidas y precisión/interpretación clínica; piloto sin control.
Prevención de infección	Sin estimación causal utilizable; asociación descriptiva de certeza muy baja.
Biocarga de manos / aceptabilidad	Muy baja: N=1 y N=3, dependencia y desenlaces limitados.
Métricas ambientales	Sin un único GRADE válido para todas las métricas; extrapolación clínica muy incierta.

D17 carece de una estimación de daño de ADN: no se califica como un efecto nulo. E15 aporta un diseño antes/después de biocarga, con repetición por superficie, sin desenlace de infección. La valoración de estos informes conserva el alcance de los desenlaces y del diseño documentados. [58,59]

La matriz GRADE adjunta detalla cada dominio y evita que financiación o número de participantes sustituyan el juicio metodológico. La ausencia de resultados depositados de PRiVII no demuestra ausencia de publicación: la búsqueda dirigida no identificó un informe final y conserva esa distinción. El protocolo PRiVII y el protocolo ESKAPEE se tratan como documentos de seguimiento, no como resultados. [17,27,43]

Exclusiones y contexto relevante

Wimmer estudió implantes y piel resecada de 31 donantes irradiados ex vivo. Se mantiene como X42: sus resultados no aumentan el conteo humano ni estiman infección clínica. La dosis reportada fue 22 mJ/cm²; 0,92 mW/cm²×24 s da 22,08 mJ/cm². Para implantes, el texto comunica p=0,0009 y la leyenda p=0,009; se preservan ambas sin escoger una. [38]

Las razones nuevas de exclusión distinguen experimentos celulares/ex vivo, cámaras desocupadas, prototipos sin pruebas elegibles, longitudes de onda diferentes y documentos secundarios. El registro R00222, DOI 10.1111/php.13807, contiene un aviso de retiro por errores de conversión de unidades que invalidaron conclusiones; no se utiliza como evidencia. La

corrección de Welch 2018 se conserva como contexto de integridad y conflictos. [30,37]

Decisiones recuperadas y documentación técnica

Los métodos completos permiten excluir del estrato ocupado los experimentos de Hiwar, Leow, Nishiaki-Sawada y CLEAN: se efectuaron sin ocupantes o interrumpían la emisión al detectar personas. Park representa ocupantes mediante CFD, no alumnos expuestos. Peng estudia química del aire en condiciones experimentales sin ocupación simultánea documentada; Liang mide endotoxinas y Lv combina laboratorio con simulación. Se conservan como contexto técnico o mecanístico. Sus resultados no se suman al corpus humano ni se presentan como infecciones prevenidas. [50–57]

Los resúmenes primarios de A135 y A192 no confirman personas presentes durante la emisión; A192 tampoco especifica inequívocamente 222 nm. La ausencia de ese dato no demuestra ausencia de ocupantes. El resumen 609 de A156 informa fototipos II–V y hasta 3.000 mJ/cm², sin aclarar inequívocamente in vivo/ex vivo. Se conservan como no clasificables para este corte. A125 mantiene su exclusión tras la corrección de título y no se fusiona con A192. A246 se enlaza con la publicación completa E15. [47,48,59]

Razhev presenta una revisión tecnológica de un programa de cirugía ocular con series históricas. Describe, entre otros datos, 75 pacientes con queratitis herpética, 25 por longitud de onda (193, 222 y 248 nm), y respuesta clínica favorable en 22/25 tratados a 222 nm. Estos datos se extraen en un anexo de contexto: no se les asigna una nueva cohorte primaria ni se extrapola la ablación terapéutica pulsada a exposición ambiental. La revisión también menciona 41 pacientes de cirugía refractiva, sin desglose suficiente para atribuirlos a 222 nm. La clasificación secundaria aplica el criterio previo sobre revisiones; no introduce una exclusión nueva por utilizar láser. [46]

La documentación técnica UVAura se conserva como contexto y se identifica separadamente de la evidencia clínica. La correspondencia de su archivo espectral con el informe A179 y su atribución a un dispositivo Virgilio Rays no están acreditadas. Sus cálculos heredados no certifican seguridad, cumplimiento normativo ni efectos en personas; los valores y el alcance de reproducción se documentan en S8. [49]

Discusión

Interpretación de los hallazgos

La síntesis aporta una matriz trazable que vincula exposición, población, unidad de análisis y resultado. La organización por desenlace conserva las diferencias entre biomarcadores, biocarga y resultados clínicos, mientras que los cálculos derivados permiten comprobar la precisión de estimaciones concretas. La síntesis identifica las señales clínicas del ensayo de Tsai y caracteriza las observaciones de biocarga de manos y aceptabilidad de Hessling y Pratt con sus respectivos diseños. [14,39,40]

La evaluación de seguridad integra hallazgos clínicos y moleculares según órgano, régimen y tiempo de observación. La comprobación de unidades y denominadores permite distinguir eritema, CPD, molestias y tinción ocular, así como irradiancia y exposición radiante. Los registros de D17 se interpretan según los desenlaces efectivamente analizados. Esta organización evita atribuir a un resultado el alcance de otro. [6,7,12,15,58]

En el ensayo de heridas, los coeficientes ajustados de PSST y biocarga se interpretan junto con el resultado incierto del área al día 15. Las pérdidas posteriores a la aleatorización y el cuidado de base forman parte de la valoración de ese efecto, conforme al análisis primario y al comentario de Ingleman. La síntesis conserva conjuntamente los resultados favorables y los inciertos. [14,45]

Alcance y limitaciones

La heterogeneidad de exposiciones, poblaciones, comparadores y seguimientos exige interpretar los resultados por estudio y aplicación. Los 1.145 reclutamientos corresponden a estudios diferentes y los denominadores de seguridad se conservan por desenlace. Los textos no recuperados y la disponibilidad parcial de exportaciones históricas condicionan la cobertura de la búsqueda; su influencia no puede cuantificarse. La evaluación de sesgo y certeza se interpreta conforme a los instrumentos descritos en Métodos.

La síntesis conserva las unidades, los tiempos y los denominadores originales. Se utilizaron coeficientes publicados e intervalos por estudio, sin estimar un efecto combinado ni reanalizar datos individuales. Las pérdidas de seguimiento se mantuvieron diferenciadas de la ausencia de eventos. La interpretación distingue estado clínico, área y biocarga en heridas; síntomas y hallazgos objetivos oculares; y condiciones de ocupación, ventilación y exposición en ambientes. Estas características delimitan la aplicación de los resultados a otros contextos.

Conclusiones

En el ensayo de úlceras por presión incluido, la interacción ajustada grupo×día 15 favoreció PSST (−4,79 puntos; IC95% −7,29 a −2,29) y biocarga (−2.214,33 CFU/mL; −4.303,54 a −125,13). El intervalo del área incluyó cero (−11,06 cm²; −22,19 a 0,07). La contribución clínica de la síntesis es precisar estos efectos diferenciados, interpretados con las pérdidas y el diseño del ensayo. El cierre de heridas y la reducción de amputaciones no quedan establecidos por estos desenlaces. [14]

En la clínica dental estudiada, la reducción publicada de bacterias aéreas fue 39,5% (IC95% 19–60) bajo las condiciones de ventilación y exposición evaluadas. Los 13 reportes ambientales retenidos caracterizan distintas aplicaciones y desenlaces; la reducción microbiológica se interpreta como resultado ambiental y no como un efecto causal combinado sobre infecciones humanas. [16,21]

La matriz integra 17 reportes humanos y 13 ambientales, con 1.145 reclutamientos. Vincular fuente, dosimetría, órgano y seguimiento permite identificar la evidencia específica de cada aplicación y sus efectos adversos. Los resultados aportan una base de comparación documentada; su alcance no incluye un beneficio clínico general ni seguridad prolongada. [5–8,12,15,58]

Declaraciones

Autoría y conflictos de interés. Kevin Virgilio Morales Chamorro, M.D., y Gricell Jeraldina Báez Arévalo, M.D., son los autores. Ambos están afiliados a MedETechni, Santiago, Chile. Kevin es fundador, CEO, accionista e inventor vinculado a las solicitudes Chile 202602357 y PCT/CL2026/050115; Gricell es CMO de MedETechni. Estos vínculos constituyen intereses profesionales, comerciales y de propiedad intelectual relacionados con la tecnología evaluada. Financiación: no se informó financiación específica para esta revisión.

Contribuciones de autoría (CRediT). Se documentan administración del proyecto y revisión y edición por Kevin Virgilio Morales Chamorro. La distribución completa individual, incluida Gricell Jeraldina Báez Arévalo, se presenta en el registro editorial.

Uso de inteligencia artificial. Se utilizó inteligencia artificial generativa basada en un modelo de lenguaje, mediante Codex (OpenAI; modelo GPT-6.1 Sol) para la recuperación accesible de información, la primera evaluación de registros, la extracción asistida, la comprobación de cálculos y la preparación del manuscrito. La IA no figura como autora. La responsabilidad sobre la interpretación, el contenido final y la publicación corresponde a los autores. La revisión utiliza información publicada y no incorpora intervenciones ni datos individuales nuevos de participantes.

Material suplementario. S1–S6 documentan métodos, búsqueda, análisis, datos, mantenimiento y correspondencia con los elementos de reporte de PRISMA. S7 contiene las fichas individuales de los reportes humanos y ambientales. S8 documenta los casos sin clasificación suficiente, los textos principales no recuperados y el contexto técnico. Las figuras S1 y S2 representan el flujo documental y los intervalos por estudio.

Disponibilidad de datos. Se entregan la base editable v1.13, sus exportaciones CSV/JSON, el diccionario, la biblioteca RIS de 2.552 registros, 59 referencias, respuestas nativas de consultas suplementarias y de la actualización del 27/09/2026, las fuentes íntegras de D17/E15, tablas, figuras y código ejecutable de cálculos derivados. El paquete v1.22 conserva el corte de evidencia del 27 de septiembre. El suplemento identifica las exportaciones históricas y los textos primarios no disponibles. Los coeficientes publicados se representan sin reanalizar datos individuales.

Licencia. © 2026 Kevin Virgilio Morales Chamorro y Gricell Jeraldina Báez Arévalo. El texto, las figuras originales y la compilación de datos de HF01 se distribuyen bajo Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0): https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/. El código original de reproducción se distribuye bajo licencia MIT. Los materiales de terceros conservan sus licencias y derechos respectivos.

Referencias

1. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.

2. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2019;366:l4898. doi:10.1136/bmj.l4898.

3. Sterne JAC, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. BMJ. 2016;355:i4919. doi:10.1136/bmj.i4919.

4. Campbell M, McKenzie JE, Sowden A, Katikireddi SV, Brennan SE, Ellis S, et al. Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: reporting guideline. BMJ. 2020;368:l6890. doi:10.1136/bmj.l6890.

5. Woods JA, Evans A, Forbes PD, Coates PJ, Gardner J, Valentine RM, et al. The effect of 222-nm UVC phototesting on healthy volunteer skin: a pilot study. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2015;31(3):159–166. doi:10.1111/phpp.12156.

6. Fukui T, Niikura T, Oda T, Kumabe Y, Ohashi H, Sasaki M, et al. Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans. PLoS One. 2020;15(8):e0235948. doi:10.1371/journal.pone.0235948.

7. Hickerson RP, Conneely MJ, Hirata Tsutsumi SK, Wood K, Jackson DN, Ibbotson SH, et al. Minimal, superficial DNA damage in human skin from filtered far-ultraviolet C. Br J Dermatol. 2021;184(6):1197–1199. doi:10.1111/bjd.19816.

8. Eadie E, Barnard IMR, Ibbotson SH, Wood K. Extreme Exposure to Filtered Far-UVC: A Case Study. Photochem Photobiol. 2021;97(3):527–531. doi:10.1111/php.13385.

9. Goh JC, Fisher D, Hing ECH, Hanjing L, Lin YY, Lim J, et al. Disinfection capabilities of a 222 nm wavelength ultraviolet lighting device: a pilot study. J Wound Care. 2021;30(2):96–104. doi:10.12968/jowc.2021.30.2.96.

10. Sugihara K, Kaidzu S, Sasaki M, Ichioka S, Takayanagi Y, Shimizu H, et al. One-year Ocular Safety Observation of Workers and Estimations of Microorganism Inactivation Efficacy in the Room Irradiated with 222-nm Far Ultraviolet-C Lamps. Photochem Photobiol. 2023;99(3):967–974. doi:10.1111/php.13710.

11. Kousha O, O'Mahoney P, Hammond R, Wood K, Eadie E. 222 nm Far-UVC from filtered Krypton-Chloride excimer lamps does not cause eye irritation when deployed in a simulated office environment. Photochem Photobiol. 2024;100(1):137–145. doi:10.1111/php.13805.

12. Sugihara K, Kaidzu S, Sasaki M, Tanito M. Interventional human ocular safety experiments for 222-nm far-ultraviolet-C lamp irradiation. Photochem Photobiol. 2025;101(2):517–526. doi:10.1111/php.14016.

13. Sugihara K, Kaidzu S, Sasaki M, Ichioka S, Sano I, Hara K, et al. Ocular safety of 222-nm far-ultraviolet-c full-room germicidal irradiation: A 36-month clinical observation. Photochem Photobiol. 2025;101(5):1343–1349. doi:10.1111/php.14052.

14. Tsai YT, Li RT, Lai HJ, Chang WP. Application of 222-nm ultraviolet radiation C device to heal wounds and control infections in pressure injuries in intensive care unit patients: a randomized controlled trial. Intensive Crit Care Nurs. 2026;92:104162. doi:10.1016/j.iccn.2025.104162.

15. Kaidzu S, Sugihara K, Tanito M. Human ocular-discomfort-free thresholds for 222 nm Far-UVC irradiation: A prospective interventional study. Photochem Photobiol. 2026 jul 24. Publicación anticipada en línea. doi:10.1111/php.70137.

16. Kristensen MA, Mogensen EH, Nielsen SY, Holm CK. The potential effectiveness of far-UVC (222 nm) in preventing infections in long-term care facilities: a six-month nonrandomized controlled

phase II trial. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2026;6(1):e165. doi:10.1017/ash.2026.10425.

17. Nix HP, Meeker S, King CE, Andrew M, Davis IRC, Koto PS, et al. Preventing Respiratory Viral Illness Invisibly (PRiVII): protocol for a pragmatic cluster randomized trial evaluating far-UVC light devices in long-term care facilities to reduce infections. Trials. 2024;25(1):88. doi:10.1186/s13063-024-07909-0.

18. Thyrsted J, Helbo Skaarup S, Fløe Hvass A, Joensen SM, Nielsen SY, Bendstrup E, et al. Anti-microbial effect of filtered 222nm excimer lamps in a hospital waiting area. medRxiv [prepublicación]. 2021 sep 10. doi:10.1101/2021.09.03.21263096.

19. Buonanno M, Kleiman NJ, Welch D, Hashmi R, Shuryak I, Brenner DJ. 222 nm far-UVC light markedly reduces the level of infectious airborne virus in an occupied room. Sci Rep. 2024;14(1):6722. doi:10.1038/s41598-024-57441-z.

20. Mogensen EH, Jensen JT, Skaarup SH, Hvass AF, Jeppesen CL, Rasmussen MH, et al. Ceiling-mounted far-UVC fixtures reduce the surface bioburden in occupied clinical areas. Infect Control Hosp Epidemiol. 2025;46(6):647–649. doi:10.1017/ice.2025.62.

21. Welch D, Buonanno M, Tang Z, Shuryak I, Hashmi R, Belenky V, et al. 222 nm far-UVC to inactivate airborne bacteria in an occupied dental clinic. J Hosp Infect. 2026;168:105–113. doi:10.1016/j.jhin.2025.11.015.

22. Li J, Um CY, Russell M, Destaillats H, Singer B. Evaluating Indoor Air Quality Impacts of Far-UVC (222 nm) in a Controlled Full-Scale Office Environment with Human Subjects. Proceedings of Indoor Air 2026 [Internet]. 2026 jun 18. Disponible en: https://escholarship.org/uc/item/9j94q9nr.

23. Bansaghi S, Klein J. Evaluation of the antimicrobial effect of a far-uv radiation lamp in a real-life environment. Infect Prev Pract. 2024;6(4):100390. doi:10.1016/j.infpip.2024.100390.

24. Osborne AO, Memic S, Cadnum JL, Donskey CJ. Evaluation of a wall-mounted far ultraviolet-C light device used for continuous air and surface decontamination in a dental office during routine patient care. Infect Control Hosp Epidemiol. 2024;45(10):1250–1252. doi:10.1017/ice.2024.109.

25. Henderson J, Ma B, Cohen M, Dazey J, Meschke JS, Linden KG. Field study of early implementation of UV sources and their relative effectiveness for public health and safety. J Occup Environ Hyg. 2022;19(9):524–537. doi:10.1080/15459624.2022.2100404.

26. Welch D, Hashmi R, Petersen C, Erde S, Brenner DJ, Nardell E. Film dosimetry for occupant exposure monitoring within Far-UVC installations. Photochem Photobiol. 2025;101(1):157–166. doi:10.1111/php.13960.

27. Saber LB, Rojas M, Anderson DM, Anderson DJ, Claus H, Cronk R, et al. The effects of far-UVC irradiation on the presence and concentration of ESKAPEE pathogens on hospital surfaces: Study protocol for a multi-site, double-blinded randomized controlled trial in La Paz, Bolivia. Photochem Photobiol. 2026 jun 4. Publicación anticipada en línea. doi:10.1111/php.70110.

28. Görlitz M, Justen L, Rochette PJ, Buonanno M, Welch D, Kleiman NJ, et al. Assessing the safety of new germicidal far-UVC technologies. Photochem Photobiol. 2024;100(3):501–520. doi:10.1111/php.13866.

29. Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D, Stanislauskas M, Randers-Pehrson G, Smilenov L, et al. Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. Radiat Res. 2017;187(4):493–501. doi:10.1667/RR0010CC.1.

30. Welch D, Buonanno M, Grilj V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW, et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. Sci Rep. 2018;8(1):2752. doi:10.1038/s41598-018-21058-w.

31. Pitts DG, Cullen AP, Hacker PD. Ocular effects of ultraviolet radiation from 295 to 365 nm. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1977;16(10):932–939. PMID:908646.

32. Christou E, Fenton L, Dawe R, Eadie E, Ibbotson SH. Far-ultraviolet-C exposure in patients with photosensitivity disorders. Br J Dermatol. 2025;193(3):564–566. doi:10.1093/bjd/ljaf193.

33. Wang LJ, Wang MJ, Jing L, Su R, Jian QJ, Zhang ZY, et al. Impact of 222-nm ultraviolet disinfection combined with psychological care on the emotional and hospital infection of critical patients. World J Psychiatry. 2025;15(2):99449. doi:10.5498/wjp.v15.i2.99449.

34. Sørensen SB, Dalby FR, Olsen SK, Kristensen K. Influence of Germicidal UV (222 nm) Lamps on Ozone, Ultrafine Particles, and Volatile Organic Compounds in Indoor Office Spaces. Environ Sci Technol. 2024;58(45):20073–20080. doi:10.1021/acs.est.4c03903.

35. Fukutoku Y, Kikuchi H, Hoshi K, Narita K, Asari T, Miyazawa K, et al. The new 222-nm far ultraviolet-C lowers bacterial contamination to endoscopists during esophagogastroduodenoscopy. DEN Open. 2024;4(1):e292. doi:10.1002/deo2.292.

36. Landry SA, Jamriska M, Menon VJ, Lee LYY, Magnin-Bougma I, Subedi D, et al. Ultraviolet radiation vs air filtration to mitigate virus laden aerosol in an occupied clinical room. J Hazard Mater. 2025;487:137211. doi:10.1016/j.jhazmat.2025.137211.

37. Welch D, Buonanno M, Grilj V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW, et al. Author Correction: Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. Sci Rep. 2021;11(1):18122. doi:10.1038/s41598-021-97682-w.

38. Wimmer F, Schwaiger K, Scharfetter S, Reichert R, Mahrhofer M, Hitzl W, et al. The Effect of 222nm UVC Irradiation on Germ Density on Breast Implants and Epidermis. Plast Reconstr Surg. 2026 mar 30. Publicación anticipada en línea. doi:10.1097/PRS.0000000000013085.

39. Hessling M, Sicks B, Lau B. Far-UVC Radiation for Disinfecting Hands or Gloves? Pathogens. 2023;12(2):213. doi:10.3390/pathogens12020213.

40. Pratt L, Robertson R, Mintchev MP. Integrating Intelligent Control into Far UVC Wearable Garments for On-Demand Airborne Viral and Bacterial Protection. Healthcare and Medical Devices. 2024;130:104–108. doi:10.54941/ahfe1004843.

41. Seyedi S, Ma B, Groves M, King H, Linden KG. Field Study and Evaluation of KrCl* Far UV-C Device Capability for Inactivation of Phi6 Bacteriophage. Photochem Photobiol. 2023;99(5):1293–1298. doi:10.1111/php.13767.

42. Risk of bias tools. RoB 2: a revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials [Internet]. Versión de 22 de agosto de 2019; extensiones para ensayos cruzados y por conglomerados [consultado el 8 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.riskofbias.info/welcome/rob-2-0-tool/current-version-of-rob-2.

43. Schünemann HJ, Higgins JPT, Vist GE, Glasziou P, Akl EA, Skoetz N, et al. Chapter 14: Completing "Summary of findings" tables and grading the certainty of the evidence [actualizado en agosto de 2023]. En: Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al., editores. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Versión 6.5 [Internet]. Cochrane; 2024 [consultado el 8 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.cochrane.org/authors/handbooks-and-manuals/handbook/current/chapter-14.

44. Navarathna T, Jinadatha C, Corona BA, Coppin JD, Choi H, Bennett MR, et al. Efficacy of a Filtered Far-UVC Handheld Disinfection Device on Reducing Microbial Bioburden of Hospital Surfaces. medRxiv [prepublicación]. Versión 3. 2023 feb 27. doi:10.1101/2022.11.07.22282040.

45. Ingleman J. The next step in ICU pressure injury care: 222-nm ultraviolet-C to reduce microbial burden and support healing in pressure injuries. Intensive Crit Care Nurs. 2026;92:104256. doi:10.1016/j.iccn.2025.104256.

46. Razhev AM, Chernykh VV, Bagayev SN, Churkin DS, Kargapol'tsev ES, Iskakov IA, et al. Pulsed UV laser technologies for ophthalmic surgery. J Phys Conf Ser. 2017;793(1):012022. doi:10.1088/1742-6596/793/1/012022.

47. St. Cyr G, Ray D, Leach L, Grimes L. Clear After a Year? Insights from a Pediatric Approach to Contact Precaution Discontinuation for Resistant Gram-Negatives Organisms. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2026;6(S1):s158. doi:10.1017/ash.2026.10684.

48. SHEA Spring 2026 Abstracts Supplement – ERRATUM. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2026;6(1):e212. doi:10.1017/ash.2026.10802.

49. HazardAssessment_UVAura_forweb.xlsx [hoja de cálculo técnica no publicada]. Hoja "Data 20cm", fecha consignada: 09.10.25. Copia archivada en el expediente HF01 el 8 de septiembre de 2026.

50. Peng Z, Day DA, Symonds GA, Jenks OJ, Stark H, Handschy AV, et al. Significant Production of Ozone from Germicidal UV Lights at 222 nm. Environ Sci Technol Lett. 2023;10(8):668–674. doi:10.1021/acs.estlett.3c00314.

51. Liang Z, Cheung TY, Chan WL, Lim CK, Lai ACK, Lee PKH, et al. Negligible increase in indoor endotoxin activity by 222 nm far-UVC illumination on bioaerosols. Environ Sci Atmos. 2023;3(8):1212–1220. doi:10.1039/d3ea00059a.

52. Hiwar W, Adamson CS, Brenner DJ, Fletcher LA, King MF, McQuaid JB, et al. Experimental analysis to quantify inactivation of microorganisms by Far-UVC irradiation in indoor environments. Build Environ. 2025;274:112734. doi:10.1016/j.buildenv.2025.112734.

53. Leow CH, Saw LH, Low FS. Investigations of the UVC 222 NM air cleaning system in an air-conditioned room. Build Environ. 2024;265:111990. doi:10.1016/j.buildenv.2024.111990.

54. Lv Y, Chen X, Wu W, Wu F, Wu X, Yuan W, et al. Experimental and numerical study on upper-room Far-UVC system under different ventilation schemes to disinfect airborne microorganisms in indoor environments. Build Environ. 2024;266:112108. doi:10.1016/j.buildenv.2024.112108. Corrigendum: Build Environ. 2025;267:112152. doi:10.1016/j.buildenv.2024.112152.

55. Park S, Pei G, Mistrick R, Rim D. CFD Evaluation of Far-UVC and Air Cleaning Technologies in Classrooms without Mechanical Ventilation. J Hazard Mater. 2025;497:139723. doi:10.1016/j.jhazmat.2025.139723.

56. Nishiaki-Sawada A, Osawa K, Nomoto R, Yamane K, Okumura Y, Fujina K, et al. Far Uv-C (222 Nm) Irradiation Devices (Care222®) Significantly Reduce Bacteria on Toilet Seats in Shared Toilets in a Nursing Home. SSRN [prepublicación]. 2024. doi:10.2139/ssrn.4861097.

57. Vance ME, Bates KH, Benjamin S, Boyle D, Day DA, de Gouw J, et al. Overview of the Consumer products, Lights, Environmental Air cleaning in Normal conditions (CLEAN) Home Indoor Field Study. ChemRxiv [prepublicación]. Versión 1. 2026 ago 27. doi:10.26434/chemrxiv.15007982/v1.

58. University of Michigan. The Effect of Violet Device Dosed Ultra Violet-C Light (UV-C) Exposure on Healthy Hand Skin. ClinicalTrials.gov [Internet]. Identificador: NCT05313555. Resultados publicados el 28 de mayo de 2026 [consultado el 27 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://clinicaltrials.gov/study/NCT05313555.

59. Yaghi L, Chemaly RF, Wilson-Dib R, Shropshire WC, Cantu S, Bhatti M, et al. The efficacy of a filtered handheld far-ultraviolet disinfection device for decontamination of high-touch surfaces in healthcare settings: a genomic bacterial analysis. Infect Control Hosp Epidemiol. 2025;46(10):1027–1034. doi:10.1017/ice.2025.10251.