



Universidad de Valladolid
Grado en Enfermería
Facultad de Enfermería de Valladolid

UVa

Curso 2022-2023
Trabajo de Fin de Grado

USO DE DRONES PARA LA ENTREGA
DE DESFIBRILADORES EN ATAQUES
CARDIACOS EXTRAHOSPITALARIOS:
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Marco Cosgaya García

Tutor: Carlos Durántez Fernández

RESÚMEN

INTRODUCCIÓN: El paro cardíaco extrahospitalario es una de las principales causas de muerte en países desarrollados y requiere una atención rápida y eficaz para mejorar la supervivencia, Sin embargo, la mayoría ocurren en áreas extrahospitalarias, lo que representa un desafío. La tecnología de los drones se ha propuesto para la entrega de desfibriladores en estas situaciones debido a su capacidad para reducir el tiempo de respuesta y superar las limitaciones de la estrategia actual de instalación de desfibriladores externos automáticos.

OBJETIVO: Evaluar la evidencia sobre la entrega de desfibriladores mediante drones en ataques cardíacos extrahospitalarios para mejorar la respuesta de los servicios de emergencia.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se ha realizado una revisión sistemática con el fin de analizar la evidencia científica actual sobre la entrega de desfibriladores en ataques cardíacos extrahospitalarios. La búsqueda se realizó en las bases de datos Pubmed, Web of Science y Scopus; tras la aplicación de descriptores, operadores booleanos, filtros, criterios de inclusión y exclusión y la lectura crítica de los textos, se incluyeron 15 artículos.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN: Se ha evidenciado que en entornos controlados, la entrega de desfibriladores por parte de drones en ataques cardíacos extrahospitalarios puede reducir significativamente el tiempo de entrega y mejorar los resultados de supervivencia en casos de parada cardíaca extrahospitalaria. También se han descrito los distintos factores que pueden condicionar la entrega, ya sea de forma terrestre o aérea y se ha podido comprobar que los condicionantes meteorológicos, topográficos, lumínicos o de ubicación de bases de drones reducían aún más la diferencia de tiempo de llegada de los drones en comparación con los sistemas de emergencias terrestres.

PALABRAS CLAVE: Ambulancia; desfibrilador externo automático; dron; parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria; supervivencia.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Out-of-hospital cardiac arrest is a leading cause of death in developed countries and requires prompt and effective care to improve survival. However, the majority of these occur in out-of-hospital settings, posing a challenge. Drone technology has been proposed for delivering defibrillators in these situations due to their ability to reduce response time and overcome limitations of current automatic external defibrillator deployment strategies.

OBJECTIVE: To evaluate the evidence on drone delivery of defibrillators in out-of-hospital cardiac arrests to improve emergency response.

MATERIALS AND METHODS: A systematic review was conducted to analyze the current scientific evidence on defibrillator delivery in out-of-hospital cardiac arrests. The search was performed in PubMed, Web of Science, and Scopus databases. After applying descriptors, Boolean operators, filters, inclusion and exclusion criteria, and critically reviewing the texts, 15 articles were included.

RESULTS AND CONCLUSION: It has been demonstrated that in controlled environments, drone delivery of defibrillators in out-of-hospital cardiac arrests can significantly reduce delivery time and improve survival outcomes in cases of out-of-hospital cardiac arrest. Various factors influencing delivery, whether by land or air, have been described, and it has been observed that weather conditions, topography, lighting, or drone base locations further reduced the difference in drone arrival time compared to ground emergency systems.

KEYWORDS: Ambulance; automatic external defibrillator; drone; out-of-hospital cardiac arrest; survival.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
4. HIPÓTESIS	5
5. OBJETIVOS	6
5.1. General	6
5.2. Específicos	6
6. MATERIAL Y MÉTODOS	7
6.1. Diseño	7
6.2. Estrategia de búsqueda	7
6.3. Estrategia de selección	8
6.4. Herramientas para la evaluación de la evidencia	8
7. RESULTADOS	9
7.1. Ahorro de tiempo con la entrega de DEA mediante drones	10
7.2. Posicionamiento óptimo de drones	10
7.3. Percepción de la población sobre del uso de drones en la entrega de DEA	10
7.4. Influencia de la meteorología en el envío de drones	10
7.5. Diferencias en la entrega del desfibrilador de día y de noche	11
8. DISCUSIÓN	22
8.1. Ahorro de tiempo con la entrega de DEA mediante drones	22
8.2. Posicionamiento óptimo de drones	23
8.3. Percepción del uso de drones en la entrega de DEA	24
8.4. Influencia de la meteorología y topografía en el envío de drones	24
8.5. Diferencias en la entrega del desfibrilador de día y de noche	25
8.6.1. Fortalezas	26
8.6.2. Limitaciones	26
8.7. Aplicaciones a la práctica clínica	27
8.8. Futuras líneas de investigación	27
9. CONCLUSIONES	28
10. BIBLIOGRAFÍA	29
11. ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema PICO.....	5
Tabla 2. Principales resultados de los artículos seleccionados	12
Tabla 3 Lista de verificación prisma 2020.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo	9
--	---

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PCEH: parada cardíaca extrahospitalaria

DAP: desfibrilador de acceso público

UAV: unmaned aerial vehicle

VANT: vehículo aéreo no tripulado

1. INTRODUCCION

El paro cardíaco extrahospitalario (PCEH) es una de las causas más frecuentes de muerte en países desarrollados (1), además se trata de la situación clínica que conlleva un mayor riesgo vital para los pacientes, por lo que se requiere de una asistencia rápida y eficaz para conseguir la recuperación de las funciones respiratorias y circulatorias de la víctima, sin secuelas neurológicas (2). Ya que se desarrollan fuera de un entorno clínico. El rápido acceso a una atención de calidad brindará una mayor probabilidad de supervivencia en estas situaciones de emergencia, aunque sigue siendo el mayor obstáculo por superar en el tratamiento de los PCEH (3). En Europa la incidencia actual oscila entre los 67 y 170 casos por cada 100.000 habitantes cada año (4). Además, los tiempos de respuesta en estos escenarios son vitales para aumentar las probabilidades de supervivencia; entre los primeros 3 y 5 minutos tras la parada y hasta la primera desfibrilación las tasas de supervivencia pueden llegar al 50-70% en casos presenciados de presunta etiología cardíaca (5). Por lo que nuevos métodos que tengan como objetivo dar una solución más temprana a las PCEH son necesarios con urgencia.

Las redes de desfibriladores externos automáticos (DEA) estacionarios se enfrentan a varios retos funcionales. La mayoría de las personas que presencian una parada cardíaca no conocen la ubicación del DEA más cercano y tienen que ir a buscarlo a pie. En consecuencia, el tiempo de acceso al dispositivo puede ser bastante largo y entorpece las capacidades de primera respuesta, que pueden ser necesarias para realizar la RCP. El problema de la accesibilidad puede aliviarse hasta cierto punto digitalizando y cartografiando las redes (6). Por ello la entrega rápida de un DEA a la escena puede mejorar en gran medida la supervivencia. Aunque este problema no se basa solo en la entrega del desfibrilador, sino en su correcto uso por un socorrista que en muchas ocasiones llegan al suceso, pasados los 5-10 min (7). Razón por la cual se están suministrando los desfibriladores de acceso público (DAP) que permiten a los transeúntes iniciar la desfibrilación temprana antes de la llegada de los servicios médicos de emergencia y poder mejorar la supervivencia. Sin embargo, los

programas DAP se enfrentan desafíos, ya que la mayoría de los PCEH ocurren en áreas privadas (8).

Además, esta probabilidad de supervivencia depende, también, de la capacidad de los sistemas de salud para proporcionar una respuesta coordinada entre el centro de emergencias y los usuarios que lo presenciaron o hayan acudido para proporcionar el masaje cardiaco y una desfibrilación tan pronta como sea posible (9). La baja tasa de uso de DEA por parte de los transeúntes de PCEH puede explicarse por una serie de factores limitantes relacionados con la disponibilidad de DEA funcionales y la conciencia y disposición de los transeúntes para usar los DEA (10). A pesar de las enormes inversiones, el aumento de las tasas de supervivencia es limitado y los resultados siguen siendo malos, con una tasa de supervivencia general hasta el alta hospitalaria de <10 % (11).

Por todos estos motivos, que aumentan el tiempo de respuesta y, en consecuencia reducen las esperanzas de supervivencia, son necesarios nuevos métodos para optimizar los programas DAP y así superar las limitaciones de la actual estrategia de instalación de los DEA. Es por ello que se ha sugerido el uso de una nueva tecnología; los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o comúnmente denominados drones, para la entrega de desfibriladores en ataques cardiacos extrahospitalarios. Este término de vehículo aéreo no tripulado se utilizó por primera vez en la década de 1980 para describir los vehículos aéreos de usos múltiples, autónomos o controlados a distancia, impulsados por fuerzas aerodinámicas y capaces de transportar una carga útil (12). El desarrollo de las nuevas tecnologías y en especial la de los drones ha aumentado sus capacidades, ampliando el abanico de aplicaciones expandido durante la última década, de forma que la tecnología electrónica se ha tornado más sofisticada, los costos de las cámaras, los micrófonos y los sensores han disminuido y la potencia de la batería mejoró, lo que permitió vuelos más largos, cargas útiles más altas y costos más bajos (13), expandiendo su uso desde el ámbito militar a otras áreas, como la atención sanitaria, el transporte de mercancías, la asistencia humanitaria y la vigilancia aérea (14). Es más, los hospitales han comenzado a usar drones para transportar muestras de laboratorio de manera rápida y confiable, y las organizaciones de ayuda humanitaria ahora están usando drones para transportar de manera rentable

hemoderivados, vacunas, productos farmacéuticos, suministros médicos e incluso órganos a zonas rurales de difícil acceso o zonas con infraestructura deficiente (15). Por ello cada vez se utilizan más en la gestión de estas situaciones de carácter urgente como equipo estándar para gestionar este tipo de emergencias. Por ejemplo, en Julio de 2015, los oficiales de rescate usaron un dron para entregar un chaleco salvavidas a dos niños varados en una roca en medio del río Little Androscoggin en Maine (EE.UU.) (16).

El personal sanitario, y en especial el de los servicios de emergencias, ha defendido e investigado los drones como mecanismos para enviar equipos médicos o terapias críticas al lugar de la emergencia, al tiempo que ofrece la posibilidad de recopilar y transmitir información desde el lugar de la emergencia a equipos médicos remotos. Las posibles aplicaciones de los drones en los servicios de emergencias sanitarios son muy amplias y la bibliografía está evolucionando, pero aún no se ha desarrollado lo suficiente, lo que ofrece importantes oportunidades para que la investigación futura repercuta en los resultados de los pacientes (17). Su ahorro de los costes comparado con el transporte terrestre tradicional, la celeridad y los beneficios los hacen particularmente aplicables en el campo de la salud, especialmente en situaciones de emergencia. La investigación hasta la fecha sugiere que el uso de VANT en emergencias prehospitalarias es viable, será aceptado por la población, es económicamente rentable y goza de una amplia aplicación en la vida real.

2. JUSTIFICACIÓN

Los nuevos tiempos y su constante evolución han proporcionado un gran avance en la tecnología, y con ella las nuevas vías de investigación en materia de salud. El uso de drones en el ámbito de la salud se ha considerado como una nueva herramienta que permite brindar a las personas necesidades médicas urgentes, además del transporte de productos sanitarios, como la entrega de medicamentos (p. ej., vacunas, fármacos), conservas de sangre, órganos, desfibriladores y otros suministros médicos.

Nuestra sociedad enfrenta un grave problema relacionado con los ataques cardíacos extrahospitalarios. Aunque, los avances en tecnología han permitido nuevos métodos de transporte, como los drones con potencial para mejorar las posibilidades de supervivencia de las víctimas. También, los tiempos de respuesta son un factor crítico para lograr una recuperación exitosa en estos casos. Por lo que, es importante considerar el uso de estos dispositivos para la entrega de desfibriladores automáticos externos como una posible solución con gran potencial, para mejorar la probabilidad de supervivencia de los pacientes que sufren este tipo de accidentes.

La entrega de desfibriladores con drones es vista como una solución innovadora a la hora de reducir los tiempos de respuesta y, por tanto aumentar las posibilidades supervivencia de los pacientes que sufren este tipo de accidentes. Además los drones, por sus características, son capaces de superar las limitaciones geográficas y el tráfico que podrían causar retrasos en la llegada a los servicios de emergencia en su traslado por vía terrestre sobre todo a lugares de difícil acceso como zonas rurales, viajes de larga distancia o zonas de montaña.

Además, esta tecnología puede proporcionar una entrega más segura y eficiente de los desfibriladores. Los drones pueden ser operados de forma remota y supervisados para asegurar una entrega exitosa y segura, lo que podría mejorar los resultados en comparación con los servicios de emergencia convencionales.

Hoy en día se asegura que el potencial de los drones en el cuidado de la salud es tan alto que se considera que están preparados para revolucionar la atención médica en la logística de suministros de salud y sobre todo en entornos extrahospitalarios; sin embargo, la entrega mediante estas aeronaves no tripuladas aún es relativamente nueva y se necesitan futuras investigaciones y evolución para mejorar la atención médica de emergencia y los resultados con pacientes en situaciones de urgencia.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A continuación se presenta la pregunta de investigación según esquema PICO (tabla 1)

Tabla 1. Esquema PICO

Pregunta de investigación: ¿Cuál es la evidencia existente acerca del uso de drones por parte los sistemas sanitarios en la entrega de desfibriladores en pacientes con ataque cardiaco en el ámbito extrahospitalario?	
P (Pacientes)	Pacientes que sufren un ataque cardiaco extrahospitalario
I (Intervención)	Entrega de DEA por drones
C (Comparación)	Medios de respuesta terrestre de los equipos de emergencia
O (Resultado)	Conocer los tiempos de respuesta, las ubicaciones óptimas, los factores condicionantes de vuelo y la experiencia de la población ante el uso de los drones en medios extrahospitalarios

4. HIPÓTESIS

La rápida disponibilidad de un desfibrilador en casos de paro cardíaco extrahospitalario puede tener un impacto significativo en la supervivencia y recuperación de los pacientes, en comparación con aquellos que experimentan un retraso en el acceso a estos dispositivos.

Se logra reducir el tiempo de llegada y por tanto el de inicio de desfibrilación para mejorar la supervivencia en aquellos pacientes que sufren un ataque cardiaco extrahospitalario y que reciben el envío de un DEA mediante drones.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar la evidencia sobre la entrega de desfibriladores mediante drones en ataques cardiacos extrahospitalarios para mejorar la respuesta de los servicios de emergencia.

5.2. Específicos

- Analizar las diferencias de tiempo de respuesta de los drones en comparación con el envío de sistemas de transporte de emergencias terrestres.
- Comparar las distintas ubicaciones posibles de las bases de drones para proporcionar la respuesta más rápida y eficiente.
- Identificar los conocimientos y experiencias en el manejo con el dron y desfibrilador de los transeúntes en caso de presenciar una PCEH.
- Analizar distintos factores condicionantes para el transporte de desfibriladores como pueden ser la meteorología, la topografía o la extensión del terreno.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Diseño

El diseño de este estudio consiste en una revisión sistemática de artículos obtenidos a través de búsquedas en las principales bases de datos de Ciencias de la Salud (PubMed, Web of Science y Scopus). Se ha realizado una búsqueda y análisis exhaustivos de los estudios más relevantes y recientes sobre el tema tratado para así poder llegar a una conclusión. En los siguientes apartados se repasarán los pasos que se han seguido en su realización.

Se realizó una primera búsqueda de aproximación al tema, en la que se encontró una gran heterogeneidad de temas relacionados con los usos que se le podían dar a los drones en relación con la salud, encontrándose artículos relacionados con temas tan dispares como ingeniería biomédica o multitud de usos en sistemas médicos de emergencias. Estas búsquedas arrojaron una gran cantidad de resultados y temas con nula utilidad para nuestro trabajo (programación, computación, ingeniería...), pero se logró una visión global de los temas de actualidad en las emergencias y urgencias con drones como pueden ser la entrega de desfibriladores en ataques cardiacos extrahospitalarios, transporte de productos de necesidad como hemoderivados o fármacos, rescate de víctimas, reconocimiento de áreas.

Finalmente se seleccionó el tema del transporte de desfibriladores mediante drones en paradas cardiacas extrahospitalarias, debido a la gran cantidad de artículos encontrados respecto a los otros temas y su gran proyección que pueden tener en un futuro no muy lejano.

6.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda sistemática se realizó en enero de 2023 en PubMed, Web Of Science y Scopus, limitando los resultados de las publicaciones desde hace 5 años hasta la actualidad.

La combinación de los términos que nos proporcionó mejores resultados en los tres buscadores fue la siguiente:

“(uav OR drone) AND (emergency OR urgency) AND (cardiac arrest OR defibrillator)”

Respecto a los resultados encontrados, se obtuvieron 320 artículos; 54 en PubMed, 73 en Web of Science y 193 en Scopus. Antes de realizar la selección de artículos, se definen los criterios de inclusión y exclusión

6.3. Estrategia de selección

Criterios de inclusión

- Que se hayan publicado en los últimos 5 años.
- Que se traten de artículos que evalúen aspectos prácticos sobre la utilidad de estos drones.
- Tratarse de ensayos con una muestra amplia.
- Que aborden factores que condicionen la entrega.
- Que se traten de artículos de alto grado de evidencia.

Criterios de exclusión

- Que traten sobre temas que no estén centrados en el tema sanitario.
- Que aborden temas sobre utilidades de los drones en ámbito sanitario que no sea la entrega de desfibriladores.
- Que se hayan publicado hace más de 5 años.

6.4. Herramientas para la evaluación de la evidencia

Este artículo se ha realizado bajo las indicaciones propuestas por PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para revisiones sistemáticas (18) (Anexo 1), y la calidad metodológica e los artículos seleccionados se ha evaluado utilizando los niveles de evidencia del Joanna Briggs Institute (JBI) (19), sistema de clasificación para evaluar la calidad de la evidencia de los estudios en 7 niveles, desde una mayor evidencia mediante los meta-análisis de ensayos controlados aleatorizados hasta la menor con la opinión de expertos.

7. RESULTADOS

Finalmente, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron quince estudios (Figura 1), de los que doce fueron observacionales, ocho de ellos analíticos y dos descriptivos y dos de cohorte retrospectivo, mientras que los tres restantes fueron estudios cualitativos. Estos estudios se publicaron en el período comprendido entre 2019 y 2023, y se realizaron en los siguientes países: Canadá, Francia, Alemania, Suecia, Reino Unido, Irlanda, Corea del Sur y Estados Unidos.

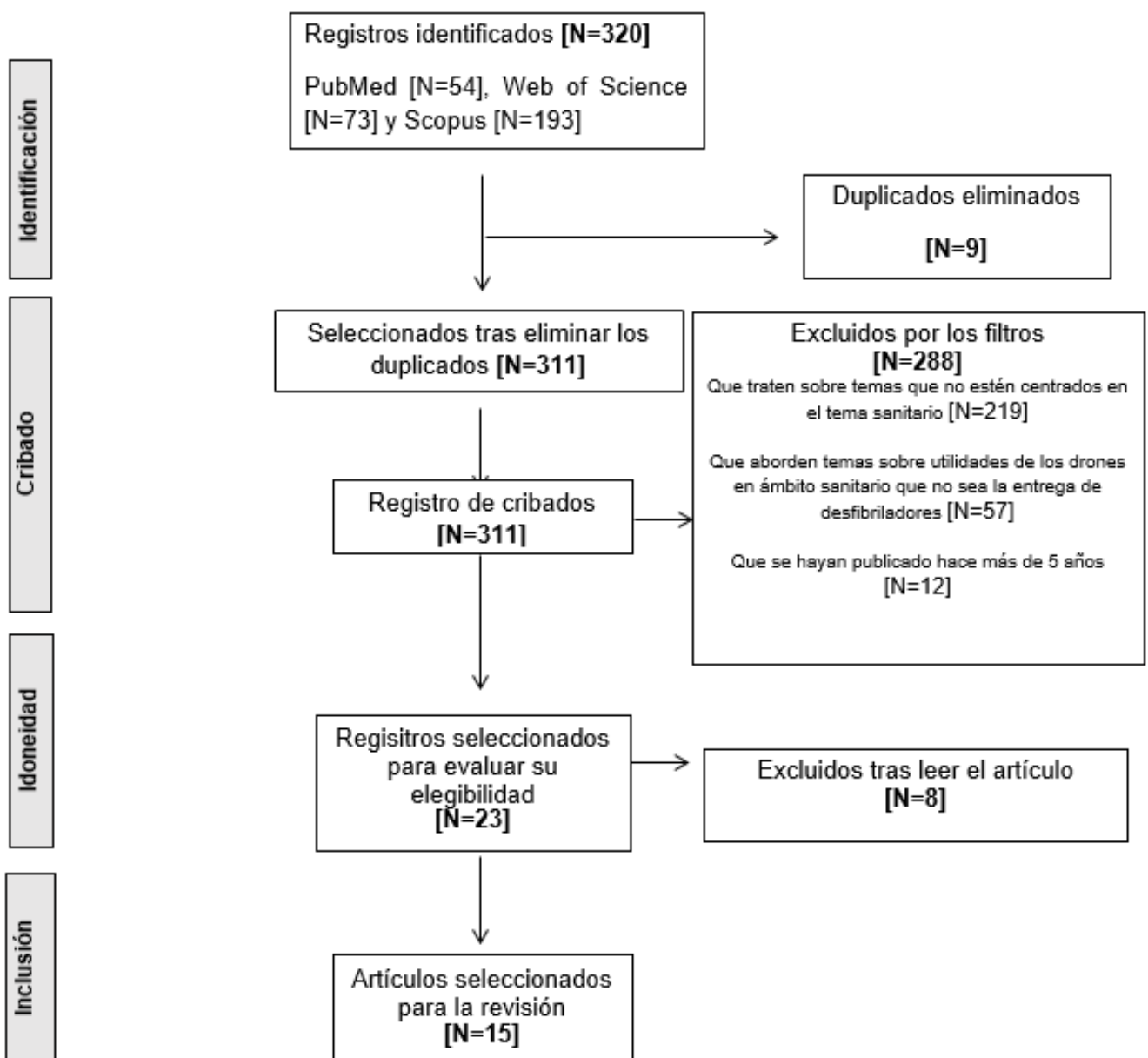


Figura 1. Diagrama de flujo

Dentro de los principales resultados estudiados encontramos:

7.1. Ahorro de tiempo con la entrega de DEA mediante drones

La aplicación principal de los drones en todos los estudios incluidos fue entregar un DEA en el sitio de un paciente con PCEH, mientras que el resultado medido con más frecuencia fue el ahorro de tiempo. Un total de cinco estudios (20-24) investigaron el ahorro de tiempo de la administración del DEA en comparación con los servicios médicos de emergencia actuales. Todos los estudios concluyen en que el tiempo de llegada del dron al lugar del accidente es menor, sin embargo las variables de la simulación son diferentes por lo que los resultados también.

7.2. Posicionamiento óptimo de drones.

Cinco estudios (25-29) investigaron y compararon los resultados de diferentes modelos de optimización para determinar la ubicación y el número de bases y drones en una red de drones implementada. El uso de estos modelos para optimizar la colocación de drones en nuevos sitios consiguió reducir en tres estudios la media de tiempo de respuesta (26-28).

7.3. Percepción de la población sobre del uso de drones en la entrega de DEA

Un total de 3 estudios (30-32) realizaron simulaciones prácticas con la entrega de DEA a través de drones a participantes que realizaban RCP en un maniquí, seguido de entrevistas cualitativas. Todos estos estudios informaron actitudes positivas de la comunidad hacia la entrega de DEA a través de drones.

7.4. Influencia de la meteorología en el envío de drones

Las condiciones climáticas son factores condicionantes en el envío de drones a las ubicaciones de respuesta aunque solo haya un artículo que hable sobre estos condicionantes (33). Llegando a la conclusión de que la topografía afecta significativamente la velocidad y la eficacia de la entrega de DEA por drones. En

áreas con condiciones meteorológicas extremas y visibilidad escasa y/o topografía compleja, como colinas y montañas, el tiempo de entrega puede aumentar significativamente debido a la necesidad de ajustar la altitud del dron para evitar obstáculos.

7.5. Diferencias en la entrega del desfibrilador de día y de noche

Solo un estudio ha realizado simulaciones comparando el envío de drones de noche y de día. La entrega de DEA por drones durante la noche puede ser especialmente útil en áreas remotas o rurales donde la entrega por ambulancia puede ser más difícil y costosos. Además, de ser capaz de reducir los tiempos de respuesta en un promedio de 6 minutos. Los drones pueden ser equipados con luces led y sistemas de iluminación adicionales para mejorar la entrega, aunque son necesarias regulaciones claras y estrictas para garantizar que los drones operen de manera segura (34).

A continuación se detallan de manera pormenorizada los principales resultados encontrados en cada uno de los artículos incluidos en el trabajo (Tabla 2).

Tabla 2. Principales resultados de los artículos seleccionados

AUTOR, AÑO, PAÍS	DISEÑO DEL ESTUDIO	MUESTRA	INTERVENCION	PRINCIPALES RESULTADOS	NIVEL DE EVIDENCIA (JBI)
Rees N et al. (20) 2021 Reino Unido	Estudio observacional analítico	Vuelo de prueba y entrega mediante paracaídas de desfibrilador FRED easyport DEA (primer desfibrilador de bolsillo ultraligero [490 gramos]). Entregado por dron Penguin B con tecnología satelital dron capaz de volar BVLOS (Beyond Visual Line of Sight).	Se simuló un evento PCEH en una ubicación remota y rural, completándose un total de seis vuelos con entrega de DEA a una distancia de vuelo de 12 millas náuticas.	El tiempo de vuelo total combinado fue de 1:02,5 horas, con una distancia de vuelo de 92 km. La velocidad aerodinámica indicada del vuelo fue de 25 m/s en todo momento, con un rango de retorno máximo de alrededor de 50 millas.	3d
Clément Derkenne et al. (21) 2021 Francia	Estudio observacional analítico	La simulación se basó en dos tipos diferentes de parámetros: los que autorizaron el vuelo del dron y los que influyeron en su hora de llegada al sitio. Se incluyeron 3.014 PCR producidas en el área metropolitana de Paris en 2017.	Se comparó el retraso real del soporte vital básico para proporcionar un DEA con el retraso obtenido de una simulación de un DEA enviado por dron y los que no querían dron calculando la diferencia de tiempo entre los tres	De los 3014 pacientes que han sufrido PCEH, 72,2 ±0,7 % eran en el grupo “sin vuelo de drones”, 25,8 ±0,2 % en el grupo “entrega de DEA por dron” y 2,1 ±0,2 % en el grupo “soporte vital básico primero”. Cuando se autorizó el vuelo de un dron, llegó una media de 190 segundos antes del soporte vital básico en el 93% de los casos.	3d

		<ul style="list-style-type: none"> • No vuelo de dron: 2175 PCR • Vuelo de dron primero: 777 PCR • Soporte vital básico terrestre primero: 62 PCR 		La posibilidad de volar el dron durante la noche aeronáutica mejoró los resultados del grupo “entrega de DEA por dron” (+60%)	
Sofia Schierbeck et al. (22) 2021 Suecia	Estudio observacional retrospectivo	<p>Se realizó una simulación con 12 vuelos de prueba.</p> <p>Se utilizaron drones hexacopteros DJI Matrice 600 Pro estándar modificados (12,5 kg) para la entrega de DEA controlados por pilotos previamente formados durante 5 días.</p>	Se colocaron tres drones equipados con DEA dentro del espacio aéreo controlado en Suecia (del 1 de junio al 30 de septiembre de 2020), cubriendo aproximadamente 80 000 habitantes (125 km ²). Los drones se integraron en los servicios médicos de emergencia para el despliegue automatizado en vuelos más allá de la línea de visión visual:	En total, 14 casos fueron elegibles para el envío durante el período de estudio en el que los drones DEA despegaron en 12 alertas a sospechas de PCEH, con una mediana distancia a la ubicación de 3,1 km La entrega del DEA fue factible y con éxito en el 92% de las alertas. Los drones DEA llegaron antes que las ambulancias en un 64%, con un beneficio de tiempo medio de 01.52 minutos. En otros 61 vuelos de prueba, la tasa de éxito de la administración del DEA fue del 90 % (55/61).	3d

<p>Sheldon Cheskes et al. (23) 2020 Canadá</p>	<p>Estudio observacional analítico</p>	<p>El estudio se llevó a cabo en dos comunidades rurales distintas al sur de Ontario (Canadá) con dos drones y dos DEAs distintos pero de similares características y con las ambulancias del servicio de emergencias de la zona.</p>	<p>Se realizaron 6 simulaciones; dos en el que el dron y la ambulancia se enviaron desde la misma base, otras 2 se enviaron desde bases distintas y las dos últimas el dron se envió desde una ubicación optimizada. En cada simulación se avisó al 911 que enviaron simultáneamente un dron y una ambulancia al tiempo que un socorrista iniciaba la reanimación.</p>	<p>Durante la simulación se comprobó que el dron llegaba entre 1,8 y 8 min antes que la ambulancia.</p> <p>Respecto a las distancias que deberían recorrer en las simulaciones 3 y 4 fue 2,2 km mayor la de la ambulancia que el dron y en las dos últimas el dron solo recorrió 9km mientras que la ambulancia 20 km</p>	<p>3d</p>
<p>Mina Carolina Baumgarten et al. (24) 2020 Alemania</p>	<p>Estudio observacional descriptivo</p>	<p>Se realizaron 46 simulaciones en las que participaron 45 transeúntes sin formación en primeros auxilios y 22 socorristas comunitarios con previa formación en el estado alemán de Mecklemburgo-Pomerania Occidental.</p> <p>Todos los simulacros fueron realizados más allá de la línea de visión y monitorizados por un</p>	<p>Se seleccionaron aleatoriamente 5 ubicaciones. Se diseñó una ruta para el dron a cada una de las ubicaciones desde la base logística. Se programaron 50 escenarios de OCHA con 10 vuelos por cada corredor.</p> <p>Se simularon con detalle todos los pasos y se llevaron a cabo los registros tanto de las llamadas al servicio de emergencias, los tiempos de vuelo, los datos meteorológicos y</p>	<p>En todas las simulaciones el tiempo de llegada del dron fue menor que el de la ambulancia.</p> <p>A pesar de que todos los vuelos se realizaron de manera autónoma requirieron de supervisión de un piloto.</p> <p>Se observaron variaciones considerables en la calidad de la RCP entre las simulaciones.</p>	<p>4b</p>

		piloto mediante una cámara de alta resolución a bordo.	las interacciones del transeúnte y del socorrista con el dron y la posterior reanimación.	El 91,1% de los transeúntes se mostró seguro a la hora de recoger el DEA	
Conor Mackle et al. (25) 2020 Irlanda del Norte	Estudio observacional analítico	Diseño de un modelo matemático para identificar las mejores ubicaciones para localizar bases de drones y mejorar la respuesta.	Se utilizó un sistema operativo en un simulador que utiliza las geolocalizaciones de desfibriladores accesibles al público y servicios de emergencias para ubicar las bases de los drones con una capacidad de vuelo a un radio de 12km y una velocidad máxima de 100km/h en toda Irlanda del Norte que tras un estudio de la población, geografía y servicios públicos se deciden localizar 78 bases de drones sobre todo el territorio para estudiar los tiempos de respuesta y la mejora de la supervivencia.	En las zonas rurales y alejadas se ha conseguido mejorar alrededor de un 50% los tiempos de respuesta ante una PCEH. En los tiempos de respuesta desde <3 minutos hasta <8 minutos, observamos una mejora notable, la mayor mejora es para los incidentes que pueden ser alcanzado <3 minutos ya que se ha duplicado el número de incidentes después de implementarse la red de drones simulados.	3e

<p>KH Benjamin Leung et al. (26) 2021 Canadá</p>	<p>Estudio observacional descriptivo</p>	<p>Se seleccionaron 1610 PCEH entre 2014 y 2020 asistidos en el sur de Vancouver tras realizar el diseño de un modelo matemático para identificar las mejores ubicaciones para localizar bases de drones y mejorar la respuesta</p>	<p>El modelo matemático se utilizó para optimizar la selección de 1 a 5 bases diferentes para la localización de drones: estaciones paramédicas, de bomberos, de policía y una cuadrícula con un conjunto de puntos sin restricciones para minimizar el tiempo de viaje de los drones y se compararon los intervalos medios de primera respuesta en todos los tipos de ubicaciones de las bases</p>	<p>Se consiguió reducir media de tiempo de respuesta mediante el envío de drones disminuyendo de 6,4 minutos en el sistema de emergencias tradicional a un intervalo de 4.2-5.4 minutos de media en este último y además del descubrimiento de que la selección de la ubicación de las bases de drones tenía un ligero impacto; de menos de 20 seg de media, en los intervalos de respuesta</p>	<p>3e</p>
<p>Jamal Chu et al. (27) 2021 Canadá</p>	<p>Estudio observacional analítico</p>	<p>Se incluyeron 3573 OCHA respondidos por los servicios de emergencia de la región de Peel (Canadá) entre 2015 y 2019 en un modelo matemático para localizar las ubicaciones óptimas de bases de drones entre SME, bomberos y policía.</p>	<p>Se desarrolló un modelo para la predicción del cálculo del tiempo de respuesta medio de la ambulancia mediante redes neuronales y regresión lineal en función de distintas variables y se comparó con el de tiempo medio de primera respuesta de la entrega de desfibriladores por drones calculado mediante estudios recientes</p>	<p>Los tiempos medios de respuesta media de ambulancia fueron de entre 5,8 y 6,2 min, mientras que los de primera respuesta con drones fueron significativamente más rápidos; 3,9-4,2 minutos. Por lo que la reducción de tiempo de primera respuesta se redujo en 2 min tanto en la media como en la mediana; lo que hace presuponer</p>	<p>3e</p>

				un aumento del 20% de la esperanza de vida	
Brittany Bogle et al. (28) 2019 Estados Unidos	Estudio observacional analítico	Se diseñó un estudio durante 4 años en Carolina del Norte (EE. UU.) en el que se establecieron en bases para despegue y aterrizaje de drones; en los cuales se incluyen: parques de bomberos, comisarías de policía, oficinas de correos y servicios de emergencias médicas. Además de las estaciones desde las que se pueden enviar ambulancias	Se diseñaron redes de despliegue de drones mediante un modelo matemático para optimizar la selección de infraestructuras especificando la cantidad de bases y el tiempo de llegada de cada dron. Se tuvieron en cuenta los parámetros: proporción de PCEH dentro de un tiempo de administración de DEA objetivo, utilización de DEA por parte de los transeúntes, estado neurológico/supervivencia y costo incremental por año de vida ajustado por calidad	Se estimó una red de 500 drones redujo el tiempo promedio de llegada del desfibrilador de 7,7 a 2,7 minutos en comparación con ninguna red de drones. Se seleccionaron una red de 1015 bases de drones de optima ubicación que duplicaría la tasa de supervivencia esperada desde un 12.3% a un 24.5 y que tendrían un costo de 23.5 millones de \$.	3e

<p>Jonh Patrick Ryan et al. (29) 2021 Estados Unidos</p>	<p>Estudio observacional analítico</p>	<p>El estudio se diseñó en el condado de Charlottesville (EE. UU.). Se utilizaron las ubicaciones de los 27 edificios de primeros auxilios creándose un área de objetivo de 5 y 2.5 millas de radio. Se añadieron 4 coordenadas de oficinas de correos.</p> <p>Se utilizaron drones.</p> <p>Se utilizó el modelo de dron Flirtey's Eagle con autonomía de hasta 10 millas</p>	<p>Se colocaron los drones en las ubicaciones ideales previamente seleccionadas y se comparó con la respuesta del sistema de emergencias terrestre. Se analizó el tiempo y la distancia de ambos en su área de cobertura para obtener una estimación de la población total cubierta por el nuevo sistema de respuesta aérea.</p>	<p>Con las ubicaciones ideales con el nuevo sistema el 94,72% de la población estaría cubierta dentro del área.</p> <p>El 70,08 % del área tendría cobertura de drones que podrían entregar un DEA en menos de 5 minutos y el 97,97 % del área tendría cobertura en menos de 10 minutos.</p> <p>Además el tiempo de respuesta del dron fue notablemente inferior al de la ambulancia</p>	<p>3e</p>
<p>K. Sedig et al. (30) 2020 Canadá</p>	<p>Estudio cualitativo</p>	<p>Se seleccionó a 65 participantes (mayores de 18 años) residentes en la ciudad de Caledon (Canadá)</p>	<p>Se llevó a cabo un estudio mediante 40 entrevistas y la recolección de datos de grupos focales y análisis temático inductivo.</p> <p>Se utilizaron guías de entrevista para garantizar la coherencia entre los eventos de recopilación de datos</p>	<p>Se consideró, de manera general que el nuevo concepto de uso del dron era aceptado por los entrevistados. Los resultados arrojaron una baja alfabetización sobre qué es y cómo actuar ante una RCP y sobre el uso del DEA</p>	<p>4b</p>

<p>Jessica K. Zègre-Hemsey et al. (31) 2020 EEUU</p>	<p>Estudio cualitativo</p>	<p>35 parejas de mismo sexo y grupo de edad (18-65 de la comunidad universitaria de Carolina del Norte que participaron como receptores del dron en una simulación.</p>	<p>Se realizaron 35 ensayos de simulación de PCEH con grupos de parejas con entrega de DEA por un dron en 5 zonas del campus universitario. Además de pasar una encuesta a todos los participantes antes y después de cada prueba.</p> <p>También se realizaron entrevistas cualitativas a 17 de los 35 participantes</p>	<p>La mayoría de los participantes lo valoraron de manera positiva viéndolo como un método novedoso e innovador manifestando pocas preocupaciones</p>	<p>4b</p>
<p>J. Sanfridsson et al. (32) 2019 Suecia</p>	<p>Estudio cualitativo</p>	<p>Se presentaron 8 voluntarios con un rango de edad de 73 a 80 años sin formación en primeros auxilios y los agruparon en solitario y en parejas para el estudio de su actuación ante una parada cardiorrespiratoria simulada</p>	<p>Se les realizó un simulacro de PCEH a dos grupos de transeúntes; solos y en pareja, en el que deberían realizar una llamada al 112 y seguir las instrucciones hasta pasados 5 min que el dron desplegaría el DEA a 50 metros de la víctima.</p> <p>Se registraros datos cualitativos de observaciones y cuantitativos mediante entrevistas, grabaciones de imagen y audio y anotación de tiempos de interacción</p>	<p>Los resultados se valoraron en torno a 3 aspectos: técnica y preparación, apoyo a través de la conversación con el operador y ayuda y toma de decisiones. El principal resultado fue que la entrega de un DEA por medio de un dron fue segura y viable y que los participantes lo vieron como positivo y útil, siendo capaces de retirarlo y colocarlo en el maniquí.</p>	<p>4b</p>

				Aunque el principal problema estuvo relacionado principalmente con la conexión y colocación de los electrodos;	
Dong Sun Choi et al. (33) 2021 Corea del Sur	Estudio observacional analítico retrospectivo	Se incluyeron 16596 pacientes con PCEH en Seúl entre 2013 y 2016 y se clasificaron variables como: sexo, edad, lugar, condiciones meteorológicas y ritmo inicial Se seleccionaron 116 estaciones con dron con una ubicación optima de respuesta	Se utilizó un simulador dinámico de vuelo con dos rutas; una directa y otra topográfica con 4 escenarios meteorológicos distintos y se calculó el tiempo total que tardaban desde la más cercana de las 116 estaciones de VANT-DEA seleccionadas para el estudio.	Las simulaciones con dron con tiempo medio de llegada de 1 min mejoraron los tiempos de respuesta y éxito en condiciones óptimas en comparación con el sistema medico de emergencias de Seúl con una media de 6 min de transporte. Sin embargo en entornos reales con altos edificios, condiciones meteorológicas extremas y visibilidad escasa se ve debilitada su superioridad.	3c
Sean S. Sholz et al. (34) 2023 Alemania	Estudio observacional de cohortes	Se llevó a cabo en noreste rural del estado federal alemán de Renania DEL Norte-Westfalia. Se programaron entre los meses de marzo y abril 2022, 20 vuelos	Se programaron dos vuelos (diurno y nocturno) a 10 lugares distintos. Además se compararon los datos operativos (tiempos de misión) y de seguridad (incidencias de sucesos	Todas las misiones se realizaron sin incidentes destacables. Las misiones nocturnas que se hicieron no tardaron más que las diurnas.	4b

		<p>de drones a 10 lugares diferentes con un radio de 7km de la base.</p> <p>Se eligieron destinos aleatoriamente.</p> <p>Se realizaron dos vuelos a cada lugar, uno nocturno y otros diurnos, estos últimos usados de control.</p> <p>El dron era un octopero polivalente tipo "Ceptor Transport" con un sistema de visión nocturna por infrarrojos.</p> <p>Con una velocidad máxima de 80 km/h y una autonomía de 40 min.</p>	<p>críticos) de las misiones nocturnas frente a las diurnas.</p> <p>Las distancias oscilaron entre 910metros y 9690m y los tiempos de liberación del DEA entre 3.48min y 11.20 min</p>	<p>Además, aunque la visibilidad durante la noche del aterrizaje era menor, estos fueron de media ligeramente más rápidos que los diurnos</p>	
--	--	--	--	---	--

8. DISCUSIÓN

8.1. Ahorro de tiempo con la entrega de DEA mediante drones

Todos los estudios incluidos demostraron reducciones de tiempo variables, pero significativas, en la administración de DEA a través de drones en comparación con los sistemas médicos de emergencias existentes y pueden disminuir el tiempo hasta la desfibrilación para aumentar la capacidad de supervivencia en eventos de PCEH (20-24). En las simulaciones que se realizaron en el área metropolitana de París, el dron llegó una media de 3.10 minutos antes del soporte vital básico en el 93% de los casos, lo que incrementaría en un 30% la probabilidad de supervivencia en el área urbana (21). También en el espacio aéreo de Suecia con una población aproximada de 80.000 habitantes la entregas los drones DEA llegaron antes que las ambulancias en un 64% reduciendo en 1.52 minutos de media con un 92% de éxito (22). En zonas rurales como la del sur de Ontario (Canadá) el dron llegó entre un 1.8 y 8 min antes que la ambulancia consiguiendo reducir en hasta 11km la distancia hasta el destino (23). Finalmente, la entrega de DEA por drones podría reducir el tiempo de respuesta en un promedio de 16 minutos en el Reino Unido en zonas urbanas y rurales con una distancia de 92 km de vuelo, además de elevar la esperanza de vida del 8,4% al 12,5% (20). Además de llegar antes el dron que la ambulancia en la simulación el 91,1% de los transeúntes se mostró seguro a la hora de recoger el DEA (Carolina Baumgarten).

La importancia del ahorro de tiempo se ve reflejada en un estudio realizado en el País Vasco (35), en el que se analizaron las PCR producidas en la comunidad y se descubrió que en el 76% de las paradas el servicio médico de emergencias inició la reanimación ≥ 8 minutos por lo que la probabilidad de supervivencia se veía muy limitada, aunque se intentó la maniobra de reanimación en un 22,9% de las ocasiones antes de la llegada de la ambulancia. Por lo que con una llegada más temprana de un desfibrilador, en este caso transportado por un dron podría elevar la esperanza de vida gracias a una reanimación precoz.

8.2. Posicionamiento óptimo de drones

La selección estratégica de las ubicaciones de las bases de los drones para su envío es un aspecto que se menciona mucho en la literatura científica de este ámbito. Los estudios seleccionados utilizan un modelo de software para realizar las simulaciones y estas se pueden encontrar en distintas instalaciones públicas como: parques de bomberos, comisarías de policía o centros sanitarios. En España existen un total de 503 parques de bomberos (36), 125 comisarías de policía nacional (37), más de 2000 instalaciones de la guardia civil (38), así como, un total de 468 hospitales públicos (39), 13.051 centros de Atención Primaria. De los cuales, 3.033 son Centros de Salud y 10.018 son Consultorios Locales (40). Lo que eleva a más de 16.147 las posibles ubicaciones en instituciones públicas para localizar las bases de los drones y poderlos enviar a los 505,970 kilómetros cuadrados que tiene nuestro país (41).

En tres estudios se consiguió una disminución de 7,7 minutos en el sistema de emergencias tradicional a hasta de 2.2 minutos de media. Por lo que la reducción de tiempo de primera respuesta se redujo en 2 min; lo que hace presuponer un aumento del 20% de la esperanza de supervivencia (25-29). Además del descubrimiento de que la selección de la ubicación de las bases de drones tenía un ligero impacto; de menos de 20 segundos de media, en los intervalos de respuesta (26). También, se ha conseguido la mejora en las zonas rurales y alejadas de alrededor de un 50% los tiempos de respuesta ante una PCEH. (25). Resultados respaldados por lo encontrado por Jonh Patrick Ryan et al. (29) y Brittany Bogle et al. (28), en el primer caso se comprobó que seleccionando las ubicaciones ideales el 94,72% de la población de Charlottesville (EE. UU.) estaría cubierta dentro del área de 5 millas de radio. El 70,08 % del área tendría cobertura de drones que podrían entregar un DEA en menos de 5 minutos y el 97,97 % del área tendría cobertura en menos de 10 minutos. En el estudio de Brittany Bogle et al. (26) se demostró que con una red de 1.015 bases de drones de optima ubicación se duplicaría la tasa de supervivencia esperada desde un 12.3% a un 24.5% con una inversión de 23.5 millones de dólares.

8.3. Percepción del uso de drones en la entrega de DEA

En primer lugar, la educación y la alfabetización comunitarias adecuadas en DEA y RCP son primordiales, al igual que el conocimiento adecuado y la aceptación del uso de la tecnología de drones en la provisión de ayuda para salvar vidas en PCEH. Actualmente, una de las barreras clave para la desfibrilación de acceso público incluye la falta de alfabetización y confianza de los transeúntes en el uso de DEA (42).

En todos los estudios tanto los participantes, como las partes interesadas, percibieron el valor de las ventajas potenciales de este sistema de entrega de drones para reducir los tiempos de respuesta en eventos de PCEH (30-32). Sin embargo, algunos participantes informaron sentimientos neutrales, incertidumbre y ansiedad hacia la interacción con el dron, así como preocupaciones de seguridad (32). La falta de familiaridad de muchas personas con los DEA y la necesidad expresada por los participantes de una mejor educación sobre el uso de los mismos y cómo actuar en caso de una emergencia cardíaca, se identifican como una limitación importante. Además, la baja alfabetización en relación con los DEA se convierte en un obstáculo relevante (30), ya que los usuarios informaron dificultades técnicas en la colocación de electrodos e incluso en el uso de teléfonos móviles (32).

La entrega de drones puede permitir que los DEA estén disponibles en el sitio de los OHCA más rápidamente, pero es necesario mejorar simultáneamente las bajas tasas de alfabetización de los DEA entre los transeúntes para minimizar el cuello de botella de las tasas de desfibrilación temprana de los transeúntes por el bajo uso del DEA una vez entregado. Esto puede ejecutarse a través de una variedad de métodos, incluidos instructores legos, aprendizaje autodirigido y capacitación breve (14).

8.4. Influencia de la meteorología y topografía en el envío de drones

Las condiciones climáticas son factores condicionantes en el envío de drones a las ubicaciones de respuesta aunque solo haya un artículo que hable sobre estos condicionantes (33). Llegando a la conclusión de que la meteorología afecta

significativamente la velocidad y la eficacia de la entrega de DEA por drones. En áreas con condiciones meteorológicas extremas y visibilidad escasa y/o topografía compleja, como colinas y montañas, el tiempo de entrega puede aumentar significativamente debido a la necesidad de ajustar la altitud del dron para evitar obstáculos, lo que agrega complejidad y demoras en la entrega de DEA a los PCEH que ocurren dentro de sus instalaciones. En España el clima es diverso debido a su ubicación en la zona templada del hemisferio norte y la influencia de las corrientes atlánticas. Los lugares donde la climatología suele ser más extrema o cambiante, pueden ser: las zonas de alta montaña, como los Pirineos, Cordillera Cantábrica o Sistema Bético, las Islas Canarias debido a sus altas montañas y sus distintos climas y las zonas del sur e interior peninsular, especialmente en verano por las altas temperaturas que se suelen dar (43). Además, las características de la distribución y densidad de población son factores importantes sobre todo para el envío de medios de emergencia terrestre en grandes zonas muy despobladas. En cuatro comunidades está especialmente agravada la despoblación en relación con la gran cantidad de terreno que ocupan en la geografía española, son Castilla y León, Castilla-la Mancha, Aragón y Extremadura con aproximadamente 25 habitantes/km² (44).

8.5. Diferencias en la entrega del desfibrilador de día y de noche

Dos estudios españoles compararon la incidencia de las paradas cardiorrespiratorias a lo largo de las franjas horarias. Uno encontró que el 18,2% de las PCR ocurrieron entre las 00:00 y las 7:59 horas y que el 93,7% fueron en entornos extrahospitalarios. Además, de una menor probabilidad de que un testigo inicie medidas de reanimación previas a la llegada de la ambulancia durante la noche (45). Y en el otro encontró que el 23,4% de las paradas ocurrieron durante la noche (22:00-08:00 horas) y que el 85% fueron en entornos extrahospitalarios (46). Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la variabilidad circadiana en la atención de la parada cardíaca y el uso de desfibriladores semiautomáticos externos en diferentes momentos del día. Hasta el momento, solo uno de los estudios encontrados ha realizado simulaciones comparando el envío de drones de noche y de día para la entrega de DEA (34). Concluyendo que la entrega por drones durante la noche puede resultar

especialmente útil en áreas remotas o rurales donde la entrega por ambulancia puede ser difícil y costosa. Además, se encontró que los tiempos de respuesta se reducían en un promedio de 6 minutos. Para mejorar la entrega nocturna, los drones pueden ser equipados con luces LED y otros sistemas de iluminación adicionales, aunque es crucial establecer regulaciones claras y estrictas para garantizar que los drones operen de manera segura.

8.6. Limitaciones y fortalezas

8.6.1. Fortalezas

Esta revisión es una representación actualizada de lo variada y reducida que resulta la evidencia publicada en relación con el ahorro de los tiempos, los modelos de ubicaciones óptimas, la adaptación de la población a su uso y los desafíos en el uso de drones para administrar DEA en PCEH. Los puntos fuertes de esta revisión son la técnica de búsqueda en las bases científicas, los criterios precisos de inclusión y exclusión, y su proceso de extracción y análisis de datos. En concreto, en esta revisión se incluyen estudios tanto cuantitativos como cualitativos para brindar una imagen más clara del estado de la evidencia actual sobre este tema.

8.6.2. Limitaciones

Dentro de las limitaciones destacamos la naturaleza heterogénea de los estudios, ya que en mucho de los casos se evaluaban modelos de simulación y sus resultados no se pudieron aprovechar completamente para la presente revisión sistemática, por lo que en ocasiones fue difícil establecer comparaciones entre los estudios. Dado que la administración de DEA por drones sigue siendo una estrategia de intervención novedosa, la mayoría de los estudios realizados fueron simulaciones, aunque solo se realizó un ensayo prospectivo. Hay, por lo tanto, datos considerablemente limitados de la implementación a la vida real de estos vehículos no tripulados, lo cual es imperativo para sacar conclusiones concretas sobre los múltiples factores que influyen en la efectividad de esta nueva tecnología. Además, no se realizaron evaluaciones del riesgo de sesgo y la calidad de los estudios incluidos fue medida únicamente a través de los niveles de evidencia del JBI.

8.7. Aplicaciones a la práctica clínica

Como hemos presentado a lo largo de todo el trabajo, la entrega de desfibriladores por drones en casos de ataques cardiacos fuera del hospital tiene múltiples aplicaciones prácticas. Estas incluyen la reducción del tiempo de respuesta en emergencias, ya que los drones pueden sortear el tráfico y otros obstáculos para proporcionar rápidamente un desfibrilador al operador afectado antes de que lleguen los servicios médicos de emergencia. Además, los drones pueden reducir el tiempo de espera para la descarga eléctrica al entregar el desfibrilador en cuestión de minutos, aumentando así la probabilidad de una respuesta rápida y efectiva a la desfibrilación.

Además, los drones pueden ampliar el alcance de los servicios médicos de emergencia, permitiendo que los desfibriladores sean entregados en áreas remotas o de difícil acceso donde los servicios médicos pueden tardar más en llegar. Finalmente, los desfibriladores entregados por drones pueden ser una solución efectiva y de menor costo para mejorar la asistencia médica y salvar vidas en situaciones críticas.

8.8. Futuras líneas de investigación

Existen varias líneas de investigación debido a los pocos estudios que se han realizado y a la falta de análisis de actuación en situaciones reales que pueden ser estudiadas en relación con la entrega de desfibriladores por drones en ataques cardiacos extrahospitalarios. Algunas de ellas pueden ser:

1. La evaluación de la efectividad en la entrega de desfibriladores por drones en situaciones reales y poder determinar, realmente, si esta tecnología mejora la supervivencia de los pacientes y si puede ser una alternativa viable a los servicios médicos de emergencia tradicionales.
2. La mejora de los sistemas de control de los drones para garantizar que los desfibriladores sean entregados de manera precisa y segura en el lugar correcto. Esto requeriría el desarrollo de sistemas de navegación y control más avanzados y precisos.

3. La optimización a la hora de entregar los desfibriladores para garantizar que el tiempo de entrega sea lo más rápido y seguro posible. También es importante investigar cómo se pueden optimizar los costos de la entrega para hacer esta tecnología económicamente viable.
4. Se deben realizar más estudios para entender la percepción de la población general sobre la entrega de desfibriladores por drones en situaciones de emergencia y cómo se pueden adaptar las tecnologías para satisfacer sus necesidades y expectativas.

9. CONCLUSIONES

- La revisión exhaustiva de la literatura disponible indica que la entrega de desfibriladores mediante de drones es viable en entornos controlados y puede reducir el tiempo de entrega y así aumentar las probabilidades de supervivencia en entornos extrahospitalarios.
- El envío de desfibriladores puede reducir de manera efectiva el tiempo de entrega en comparación con los servicios de emergencias médicos actuales.
- La selección óptima de las ubicaciones de las bases de drones puede mejorar los tiempos de respuesta en comparación con los medios terrestres, tanto en entornos rurales como urbanos.
- Hay un sentimiento generalizado de aceptación y una visión de gran potencial a futuro sobre la entrega de desfibriladores mediante drones, aunque también se destaca la falta de alfabetización en materia de reanimación cardiopulmonar a nivel general en la población.
- La meteorología y la topografía son factores condicionantes para el vuelo, por lo que pueden representar un obstáculo importante para la entrega de desfibriladores en condiciones extremas o terrenos complejos.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Sunde K. Hipotermia terapéutica en la parada cardíaca. *Rev Esp Cardiol.* 2013;66(5):346–9. Doi: 10.1016/j.recesp.2012.10.005
2. Fernández JAÁ, Soto MÁ-M, Zapata MR. Supervivencia en España de las paradas cardíacas extrahospitalarias. *Med Intensiva.* 2001;25(6):236–43. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-supervivencia-espana-paradas-cardiacas-extrahospitalarias-articulo-13020578>
3. Del-Sueldo MA, Mendonça-Rivera MA, Sánchez-Zambrano MB, Zilberman J, Múnera-Echeverri AG, Paniagua M, et al. Clinical practice guideline of the Interamerican Society of Cardiology on primary prevention of cardiovascular disease in women. *Arch Cardiol Mex.* 2022 ;92(Supl 2):1–68. Doi: 10.24875/ACM.22000071
4. Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, Wnent J, Masterson S, Lilja G, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation.* 2021;161:61–79. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.007.
5. Ringh M, Jonsson M, Nordberg P, Fredman D, Hasselqvist-Ax I, Håkansson F, et al. Survival after Public Access Defibrillation in Stockholm, Sweden--A striking success. *Resuscitation.* 2015;91:1–7. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.02.032.
6. Medical Advisory Secretariat. Use of automated external defibrillators in cardiac arrest: an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2005;5(19):1–29. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3382296/pdf/ohtas-05-29.pdf>
7. Escobedo Romero R. Reanimador por un día. Estudio cualitativo sobre las experiencias de reanimadores legos con formación. 2019;13(2). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1988-348X2019000200005
8. Sun CLF, Demirtas D, Brooks SC, Morrison LJ, Chan TCY. Overcoming spatial and temporal barriers to public access defibrillators via optimization. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(8):836–45. Doi: 10.1016/j.jacc.2016.03.609.
9. Mell HK, Mumma SN, Hiestand B, Carr BG, Holland T, Stopyra J. Emergency medical services response times in rural, suburban, and urban areas. *JAMA Surg.* 2017;152(10):983–4. Doi:10.1001/jamasurg.2017.2230
10. Delhomme C, Njeim M, Varlet E, Pechmajou L, Benameur N, Cassan P, et al. Automated external defibrillator use in out-of-hospital cardiac arrest: Current limitations and solutions. *Arch Cardiovasc Dis.* 2019;112(3):217–22. Doi: 10.1016/j.acvd.2018.11.001.
11. Kutsogiannis DJ, Bagshaw SM, Laing B, Brindley PG. Predictors of survival after cardiac or respiratory arrest in critical care units. *CMAJ.* 2011;183(14):1589–95. Doi: 10.1503/cmaj.100034.
12. Rosser JC Jr, Vignesh V, Terwilliger BA, Parker BC. Surgical and medical applications of drones: A comprehensive review. *JLS.* 2018;22(3):e2018.00018. Doi: 10.4293/JLS.2018.00018

13. Portela Bens S, Laiz Alonso IM, Gallego García RJ, Cabrera Castro R, Barbero González LC. El uso de drones en la Investigación en Ciencias Naturales. Luis Barbero González. Universidad de Cádiz; 2017.
14. Lim JCL, Loh N, Lam HH, Lee JW, Liu N, Yeo JW, et al. The role of drones in out-of-hospital cardiac arrest: A scoping review. *J Clin Med.* 2022;11(19):5744. Doi: 10.3390/jcm11195744
15. Thiels CA, Aho JM, Zietlow SP, Jenkins DH. Use of unmanned aerial vehicles for medical product transport. *Air Med J.* 2015;34(2):104–8. Doi: 10.1016/j.amj.2014.10.011
16. Hodapp P. Search and rescue teams aim to save lives with off-the-shelf drones. *Make: DIY Projects and Ideas for Makers.* Make: Community; 2015. Disponible en: <https://makezine.com/article/drones-vehicles/search-and-rescue-teams-aim-to-save-lives-off-the-shelf-drones/>
17. Roberts NB, Ager E, Leith T, Lott I, Mason-Maready M, Nix T, et al. Current summary of the evidence in drone-based emergency medical services care. *Resusc Plus.* 2023;13(100347):100347. Doi: 10.1016/j.resplu.2022.100347.
18. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74(9):790–9. Doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016
19. Fuentealba-Torres MÁ, Lagos Sánchez Z, Alves de Araújo Püschel V, Cartagena D. Systematic Reviews to strengthen evidence-based nursing practice. *Aquichan.* 2021;21(4):1–15. Doi: 10.5294/aqui.2021.21.4.5
20. Rees N, Howitt J, Breyley N, Geoghegan P, Powel C. A simulation study of drone delivery of Automated External Defibrillator (AED) in Out of Hospital Cardiac Arrest (OHCA) in the UK. *PLoS One.* 2021;16(11):e0259555. Doi: 10.1371/journal.pone.0259555
21. Derkenne C, Jost D, Miron De L'Espinay A, Corpet P, Frattini B, Hong V, et al. Automatic external defibrillator provided by unmanned aerial vehicle (drone) in Greater Paris: A real world-based simulation. *Resuscitation.* 2021;162:259–65. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.03.012.
22. Schierbeck S, Hollenberg J, Nord A, Svensson L, Nordberg P, Ringh M, et al. Automated external defibrillators delivered by drones to patients with suspected out-of-hospital cardiac arrest. *Eur Heart J.* 2022;43(15):1478–87. Doi: 10.1093/eurheartj/ehab498.
23. Cheskes S, McLeod SL, Nolan M, Snobelen P, Vaillancourt C, Brooks SC, et al. Improving access to automated external defibrillators in rural and remote settings: A drone delivery feasibility study. *J Am Heart Assoc.* 2020;9(14):e016687. Doi: 10.1161/JAHA.120.016687.
24. Baumgarten MC, Röper J, Hahnenkamp K, Thies K-C. Drones delivering automated external defibrillators-Integrating unmanned aerial systems into the chain of survival: A simulation study in rural Germany. *Resuscitation.* 2022;172:139–45. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.12.025.

25. Mackle C, Bond R, Torney H, McBride R, McLaughlin J, Finlay D, et al. A data-driven simulator for the strategic positioning of aerial ambulance drones reaching out-of-hospital cardiac arrests: A genetic algorithmic approach. *IEEE J Transl Eng Health Med.* 2020;8:1900410. Doi: 10.1109/JTEHM.2020.2987008.
26. Leung KHB, Grunau B, Al Assil R, Heidet M, Liang LD, Deakin J, et al. Incremental gains in response time with varying base location types for drone-delivered automated external defibrillators. *Resuscitation.* 2022;174:24–30. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2022.03.013.
27. Chu J, Leung KHB, Snobelen P, Nevils G, Drennan IR, Cheskes S, et al. Machine learning-based dispatch of drone-delivered defibrillators for out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2021;162:120–7. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.028.
28. Bogle BM, Rosamond WD, Snyder KT, Zègre-Hemsey JK. The case for drone-assisted emergency response to cardiac arrest: An optimized Statewide deployment approach: An optimized statewide deployment approach. *N C Med J.* 2019;80(4):204–12. Doi: 10.18043/ncm.80.4.204
29. Ryan JP. The feasibility of medical unmanned aerial systems in suburban areas. *Am J Emerg Med.* 2021;50:532–45. Doi: 10.1016/j.ajem.2021.08.064.
30. Sedig K, Seaton MB, Drennan IR, Cheskes S, Dainty KN. “Drones are a great idea! What is an AED?” novel insights from a qualitative study on public perception of using drones to deliver automatic external defibrillators. *Resusc Plus.* 2020;4(100033):100033. Doi: 10.1016/j.resplu.2020.100033.
31. Zègre-Hemsey JK, Grewe ME, Johnson AM, Arnold E, Cunningham CJ, Bogle BM, et al. Delivery of automated external defibrillators via drones in simulated cardiac arrest: Users’ experiences and the human-drone interaction. *Resuscitation.* 2020;157:83–8. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2020.10.006.
32. Sanfridsson J, Sparrevik J, Hollenberg J, Nordberg P, Djärv T, Ringh M, et al. Drone delivery of an automated external defibrillator - a mixed method simulation study of bystander experience. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2019;27(1):40. Doi: 10.1186/s13049-019-0622-6.
33. Choi DS, Hong KJ, Shin SD, Lee C-G, Kim TH, Cho Y, et al. Effect of topography and weather on delivery of automatic electrical defibrillator by drone for out-of-hospital cardiac arrest. *Sci Rep.* 2021;11(1):24195. Doi: 10.1038/s41598-021-03648-3.
34. Scholz SS, Wähnert D, Jansen G, Sauzet O, Latka E, Rehberg S, et al. AED delivery at night - Can drones do the Job? A feasibility study of unmanned aerial systems to transport automated external defibrillators during night-time. *Resuscitation.* 2023;185(109734):109734. Doi: 10.1016/j.resuscitation.2023.109734.
35. Ballesteros-Peña S, Abecia-Inchaurregui LC, Echevarría-Orella E. Factores asociados a la mortalidad extrahospitalaria de las paradas cardiorrespiratorias atendidas por unidades de soporte vital básico en el País Vasco. *Rev Esp Cardiol.* 2013;66(4):269–74. Doi: 10.1016/j.recesp.2012.09.016.

36. Bomberos municipales- Conclusiones tras la comparativa con Francia. Bombero13.com. Disponible en: <https://bombero13.com/mapa-parques-bomberos-comparativa-francia>
37. Dependencias. Sitio web de la Policía Nacional España. Policia.es. Disponible en: https://www.policia.es/es/dependencias_localizador_accesible_provincias.php
38. Dirección General de la Guardia Civil. Plantilla Home Principal. Disponible en: <https://www.guardiacivil.es/es/institucional/Conocenos/index.html>
39. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Portal Estadístico del SNS - Hospitales, camas en funcionamiento y puestos de hospital de día (PHD) del Sistema Nacional de Salud (SNS), número y tasa por 1.000 habitantes y número de Centros, Servicios y Unidades de referencia (CSUR) según comunidad autónoma. Gob.es. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/sanidadDatos/tablas/tabla22.htm>
40. Número de centros de salud y consultorios de Atención Primaria del Sistema Nacional de Salud (SNS) según comunidad autónoma. Gob.es. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/sanidadDatos/tablas/tabla16.htm>
41. Superficie (kilómetros cuadrados) - Spain. World Bank Open Data. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.SRF.TOTL.K2?locations=ES>
42. Li Y, Xiong D, Xu L, Jin X. Attitudes and willingness toward out-of-hospital CPR and AED: A questionnaire study among Chinese middle school students. Heliyon. 2023;9(4):e15430. Doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15430
43. Aemet.es. Disponible en: https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/MapasclimaticosdeEspana19812010/MapasclimaticosdeEspana19812010.pdf
44. Población de las Comunidades Autónomas. Datosmacro.com. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/espana-comunidades-autonomas>
45. Ballesteros-Peña S. Variabilidad circadiana en la frecuencia de episodios extrahospitalarios de parada cardiorrespiratoria. Cardiacore. 2015;50(1):27–33. Doi: 10.1016/j.carcor.2015.01.001
46. Soto-Araujo L, Costa-Parcero M, López-Campos M, Sánchez-Santos L, Iglesias-Vázquez JA, Rodríguez-Núñez A. Cronobiología de la parada cardíaca en Galicia atendida con desfibriladores semiautomáticos externos. Semergen. 2015;41(3):131–8. Doi: 10.1016/j.semerg.2014.05.002

11. ANEXOS

Tabla 3 Lista de verificación prisma 2020

Sección	Ítem	Ítem de la lista de verificación	Localización
TÍTULO			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática	Portada
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020	✓
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente	3
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión	6
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis	8
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez	7
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados	7
Proceso de selección de estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso	8
Proceso de extracción de datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso	No procede
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger	No procede
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos. Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente o incierta	No procede

Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso	No se realizó
Medidas de efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados	No procede
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para la síntesis	7
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos	No procede
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis	8
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metaanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados	8
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios	No procede
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis	No procede
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis	No se realizó
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace	No procede
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo	Figura 1
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplan con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos	No se realizó
Características de los estudios	17	cite cada estudio incluido y presente sus características	Tabla 2
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos	No se realizó
Resultados de la síntesis	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo y b) la estimación del efecto y su precisión, idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos	Tabla 2
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes	No se realizó

	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metaanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto	Tabla 2
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios	10
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados	No se realizó
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes para cada síntesis evaluada	No se realizó
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado	Tabla 2
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias	22
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión	26
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados	26
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones	27
OTRA INFORMACIÓN			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada	No procede
	24b	Indique donde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo	No procede
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo	No procede
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión	No procede
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de interés de los autores de la revisión	No procede
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique que elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizando en la revisión	No procede