

FACULTAD DE ENFERMERÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN
URGENCIAS, EMERGENCIAS Y CRÍTICOS EN
ENFERMERÍA

EFICACIA DEL USO DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR PARA LA DETECCIÓN PRECOZ DE PATOLOGÍA PRODUCIDA POR BUCEO. SCOPING REVIEW

Autor: D. Fco Andrés Navalón Alfaro

Director: D. Manuel Lillo Crespo

Índice de contenidos

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	4
LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	5
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	6
<i>SUMMARY AND KEYWORDS</i>	7
1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 Justificación	8
1.2 Marco teórico	8
1.2.1 La ecografía torácica	8
1.2.2 Las patologías producidas por el buceo	12
2 Objetivos	15
3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
3.1 Diseño del estudio	15
3.2 Pregunta de investigación estructurada	16
3.3 Criterios de elegibilidad	16
3.3.1 Búsqueda y fuentes de información	16
3.3.2 Criterios de inclusión y exclusión	17
4 RESULTADOS	18
4.1 Estrategia de búsqueda	18
4.2 Diagrama de flujo	18
4.3 Calidad de los estudios	19
4.4 Ecografía torácica y patologías producidas por el buceo	19
4.5 Tabla de resultados.....	24
5 DISCUSIÓN.....	28
5.1 Eficacia del uso de la ecografía en la detección precoz de patología pulmonar aguda en buceadores.	28



5.2	La ecografía pulmonar como competencia en la Enfermería de Práctica Avanzada (EPA).....	31
5.2.1	Introducción.....	31
5.2.2	Ecografía como herramienta en la práctica diaria de enfermería.....	33
5.2.3	Ecografía pulmonar realizada por enfermeras.....	34
5.3	Entornos en los que se realizaría.....	36
5.4	Limitaciones.....	36
6	CONCLUSIONES.....	37
7	BIBLIOGRAFÍA.....	39
8	ANEXOS.....	44
	Anexo 1. Evaluación de la calidad de los estudios pre y post sin grupo control que propone el NHLBI.....	44
	ANEXO 2. Tabla de comprobación para reporte de casos propuesta por el JBI.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Niveles de ecogenicidad de los tejidos.....	9
Figura 2. Tipos de transductores.	9
Figura 3. Líneas A.	10
Figura 4. Líneas A en ecografía.....	11
Figura 5. Signo del murciélago.	11
Figura 6 Líneas B	12
Figura 7. Diagrama de flujo PRISMA.....	18
Figura 8 . Dos líneas B (colas de cometa) surgiendo de la línea pleural.....	20
Figura 9. Cutis marmorata.....	21
Figura 10. Cutis marmorata.....	21
Figura 11. Presencia de líneas B difusas (se muestran 4 de las 8 zonas estudiadas)	22
Figura 12. Ecografía en modo B y M sin y con evidencias de neumotórax.	24
Figura 13. Escala Eftedal-Brubakk expandida.....	30
Figura 14. Escala Spencer	30
Figura 15. Áreas torácicas propuestas para estudio ecográfico del pulmón.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de símbolos y siglas.....	5
Tabla 2. Desarrollo de la pregunta PICO.....	16
Tabla 3. MeSH utilizados y correspondencia DeCS.....	17
Tabla 4. Criterios de inclusión y exclusión.....	17
Tabla 5. Resultados de los artículos	25

LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

Tabla 1. Tabla de símbolos y siglas

SÍMBOLOS Y SIGLAS	SIGNIFICADO
EPA	Enfermería de Práctica Avanzada
EFAST	Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
ATLS	Advance Trauma Life Support
PHTLS	Prehospital Trauma Life Support
EPI	Edema Pulmonar de Inmersión
ED	Enfermedad Descompresiva
SCUBA	Self-Contained Underwater Breathing Apparatus

Fuente. Elaboración propia

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Resumen

Introducción. El buceo tanto con equipo de respiración como en apnea, a pesar de ser una práctica popular y muy extendida, no está libre de riesgos. De su práctica pueden derivarse determinadas afecciones que, aunque por lo general son leves y se resuelven sin mayores complicaciones, en algunos casos pueden llegar a ser graves e incluso dejar secuelas invalidantes. La ecografía ha emergido como una herramienta capaz de mostrar imágenes en tiempo real, que se adaptaría perfectamente a la detección de estos problemas, con el objetivo de realizar una identificación de forma precoz y un tratamiento completamente dirigido a su etiología. Además, la Enfermería de Práctica Avanzada (EPA), en determinados contextos, podría adoptar este procedimiento como una más de sus competencias.

Objetivo. El objetivo principal de esta revisión tipo Scoping Review fue la de determinar si la ecografía pulmonar podría ser una técnica eficaz para la detección precoz de la patología producida por la práctica del buceo. Además, se ha buscado evidencia sobre la capacidad del personal de enfermería para realizarla y en qué contextos o entornos podría ser asumida e incorporada a sus competencias.

Material y métodos. Se realizó una revisión sistemática tipo Scoping Review de la literatura existente en las siguientes bases de datos: PubMed, CINAHL, Academic Search Ultimate, SPORTdiscuss y Google Scholar.

Resultados. Se obtuvieron un total de 14 artículos. Entre ellos, 11 específicamente sobre el uso de la ecografía para la detección de patología por buceo y los 3 restantes, sobre la capacidad de realización de ecografía y detección de patología pulmonar por parte de personal no médico, entre los que se encuentra personal de enfermería en solitario o en colaboración con otros tipos de profesionales de la salud.

Conclusión. La ecografía pulmonar parece ser una técnica eficaz para la identificación de la patología producida por la práctica del buceo. Además, esta técnica podría ser una competencia avanzada a añadir por personal de enfermería que continúa su camino formativo hacia la figura de la Enfermera de Práctica Avanzada.

Palabras clave.

Buceo, ecografía, edema pulmonar de inmersión, neumotórax, enfermedad descompresiva, enfermería de práctica avanzada.

SUMMARY AND KEYWORDS

Abstract

Introduction. *Scuba and free diving, despite being a popular and widespread practice, is not free of risks. Certain conditions may result from its practice. Although they are usually mild and resolve without major complications, in some cases they can be serious and even leave disabling sequelae. Ultrasound has emerged as a tool capable of displaying images in real time that would be perfectly suited to the detection of these problems with the aim of early identification and treatment fully directed to their aetiology. In addition, Advanced Practice Nursing (APN), in certain contexts, could adopt this procedure as their scope of practice.*

Objective. *The main objective of this Scoping Review was to determine whether lung ultrasound could be an effective technique for the early detection of diving-related pathology. In addition, evidence was sought on the ability of nurses to perform it and in what contexts or settings it could be undertaken.*

Material and methods. *A scoping review of the existing literature was carried out in the following databases: PubMed, CINAHL, Academic Search Ultimate, SPORTdiscuss and Google Scholar.*

Results. *A total of 14 articles were obtained. Among them, 11 specifically on the use of ultrasound for the detection of diving pathology and 3 on the ability of non-medical personnel, including nurses alone or in collaboration with other types of health professionals, to perform ultrasound and detect lung pathology.*

Conclusion. *Lung ultrasound seems to be an effective technique for the identification of diving-related pathology. Moreover, this technique could be an advanced competence to be added by nurses who continue their training career towards the figure of Advanced Practice Nursing.*

Key words.

Diving, ultrasound, immersion pulmonary oedema, pneumothorax, decompressive disease, advanced practice nursing.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La práctica del buceo es una actividad popular que cada año gana más adeptos. Esta práctica implica sumergirse en aguas profundas ya sea por motivos laborales o a modo recreativo. Sin embargo, no está exento de riesgos y durante su práctica se pueden desarrollar una serie de patologías que van desde leves hasta graves con incluso consecuencias invalidantes^[1]. Es por ello que su identificación y abordaje temprano son claves para evitar complicaciones y garantizar un tratamiento adecuado. En este sentido, el uso de la ecografía con su capacidad de mostrar imágenes en tiempo real, en el punto de la lesión, sin apenas equipo y en poco tiempo ^[2] la hace una opción muy interesante ante este tipo de población.

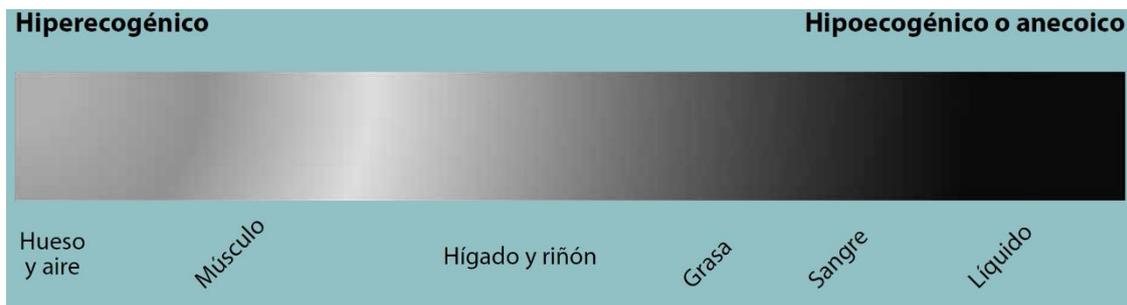
1.2 Marco teórico

1.2.1 La ecografía torácica

La ecografía es una técnica de imagen no invasiva, fiable, repetible y barata que ha sido utilizada desde hace más de 50 años y que ha cambiado la práctica de la medicina y de la enfermería. En los últimos 10 años, su uso ha experimentado una explosión en los campos de los cuidados críticos, de urgencias y de anestesiología. Además, con su uso, enfermería ha ampliado sus capacidades y complejidad de sus actuaciones. En la actualidad, enfermeras entrenadas han incorporado a su día a día la ecografía para el apoyo en sus técnicas en el campo cardiocirculatorio, de la urología y la obstetricia^[3]. Por otro lado, la ecografía se ha ido incorporando en la evaluación de la patología del paciente con trauma grave, hasta el punto de incluirse en los protocolos FAST y posteriormente EFAST de las guías del ATLS y PHTLS ^[4]. Con la aparición de los ecógrafos portátiles, esta modalidad puede llevarse al punto de lesión, desde el pie de cama del paciente (Point Of Care) hasta los entornos más austeros^{[5][4][6]}. Los usos y aplicabilidad de la ecografía siguen en crecimiento. Tanto es así, que ya es posible su utilización para un enorme espectro de enfermedades torácicas^[3]. Pero su rol como método diagnóstico y manejo de la patología respiratoria ha sido limitado hasta hace pocos años. Esta limitación, tenía que ver con la presencia de aire en el tracto respiratorio y las estructuras sólidas de la caja torácica que impiden el paso de las ondas y generaban una considerable cantidad de artefactos, pudiendo considerarlo el “enemigo del ultrasonido”. Sin embargo, en los artefactos es precisamente donde nos tenemos que fijar para poder realizar una interpretación de las imágenes.

La ecografía se basa en el principio piezoeléctrico, en el cual impulsos eléctricos estimulan cristales contenidos en el transductor. Estos cristales tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica que reciben en ultrasonidos (no audibles para el oído del ser humano, con frecuencias que oscilan entre 2-15 Mhz) y viceversa. El transductor será el encargado de la emisión y recepción de estos sonidos o ecos. Los sonidos, al estar en contacto con los tejidos podrán ser transmitidos o refractados^[7]. En los tejidos con alto contenido en agua (hígado, músculo) serán transmitidos, mientras en tejidos llenos de aire (vísceras huecas) o no comprimible (huesos) regresarán al transductor. Por tanto, la imagen resultante dependerá de las ondas y la ecogenicidad de los tejidos, pudiendo graduarlos desde hiperecogénico hasta hipoeecogénico o anecoico.^[2]

Figura 1 Niveles de ecogenicidad de los tejidos



Fuente. Extraído de ^[2]

Podemos diferenciar los transductores disponibles en función de la frecuencia a la que emitirán los ultrasonidos. Por un lado, transductores lineales con una frecuencia de trabajo alta de 7-15 Mhz. Están indicados para la visualización de estructuras superficiales de 5-6 cm ya que nos aportan mucha definición. Los curvos con una frecuencia baja de 2-5 Mhz, indicados para estudios de estructuras profundas ya que tienen mayor poder de penetración, aunque la resolución es menor. Por último, los sectoriales con una frecuencia similar a los curvos, que se suelen utilizar para el estudio cardiológico ya que el campo visual distal que proporcionan es muy ancho ^[7].

Figura 2. Tipos de transductores.

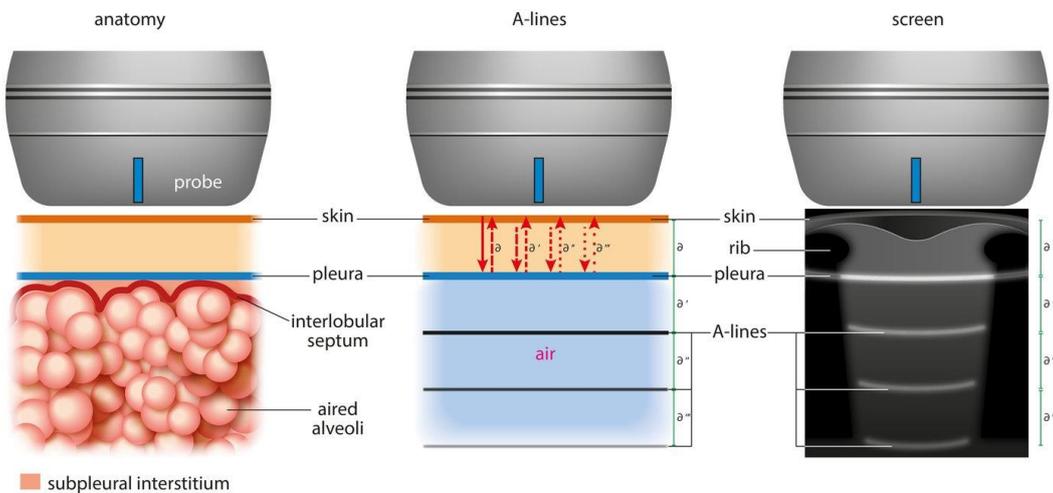


Fuente. Extraído y editado de ^[8]

Por tanto, la imagen ecográfica se formará de la siguiente manera: el generador produce pulsos de corriente eléctrica que llegan al transductor. Los cristales alojados en él se estimulan y generan los ultrasonidos que son enviados a la zona a estudio. Los ecos reflejados que vuelven al transductor son convertidos de nuevo en corriente eléctrica que será interpretada por un software. Se crea una imagen en escala de grises que será enviada al monitor, presentándola en tiempo real.

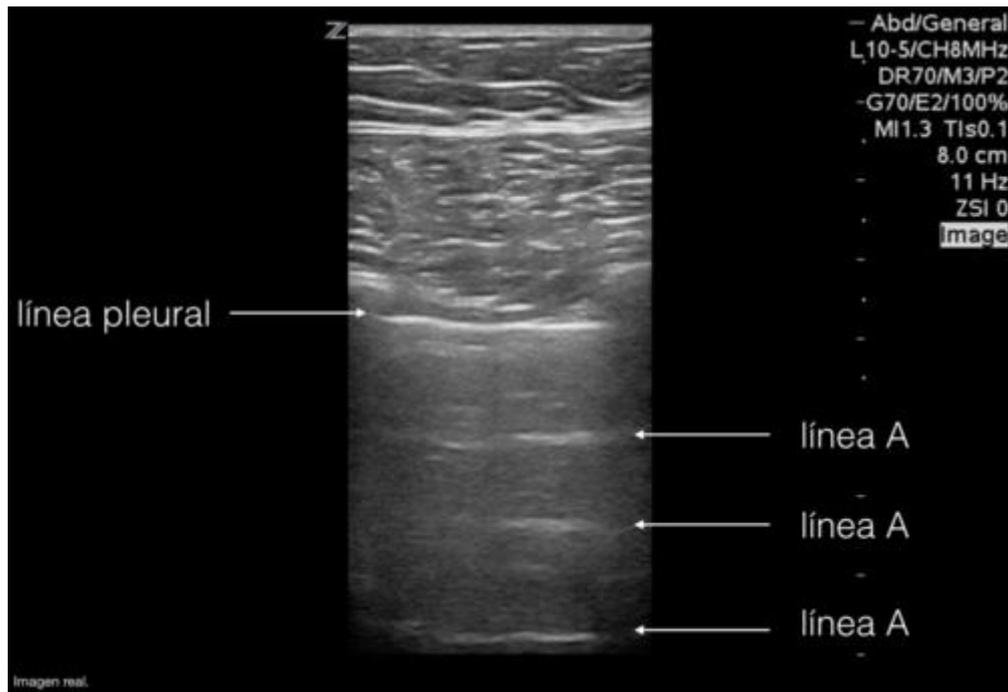
En lo que respecta a la ecografía pulmonar, se puede afirmar que el pulmón que estamos visualizando al hacer una ecografía torácica es “normal” cuando tenemos presencia de “líneas A” y deslizamiento pulmonar dinámico, conocido como *lung sliding*^[9]. Podremos visualizar una línea hiperecogénica correspondiente a la línea pleural, que representa la zona de contacto entre la pleura visceral y parietal. Estas se deslizan entre sí en los ciclos respiratorios produciendo el llamado deslizamiento pulmonar (figura 4 y 5). Las líneas A son artefactos de reverberación de la línea pleural hacia el infinito. Las ondas de ultrasonido que llegan a la pleura son reflejadas y rebotan entre el transductor y la pleura visceral, lo que se conoce como reverberación. Esto es interpretado en la pantalla como líneas horizontales similares a la pleura y espaciadas de manera uniforme (figura 3)^[10]. Por tanto, una imagen “normal” debería ser de la siguiente manera: visualización de dos costillas con su sombra acústica, línea pleural (línea hiperecogénica que veremos brillando y moviéndose) y las correspondientes líneas A (figura 5).

Figura 3. Líneas A.



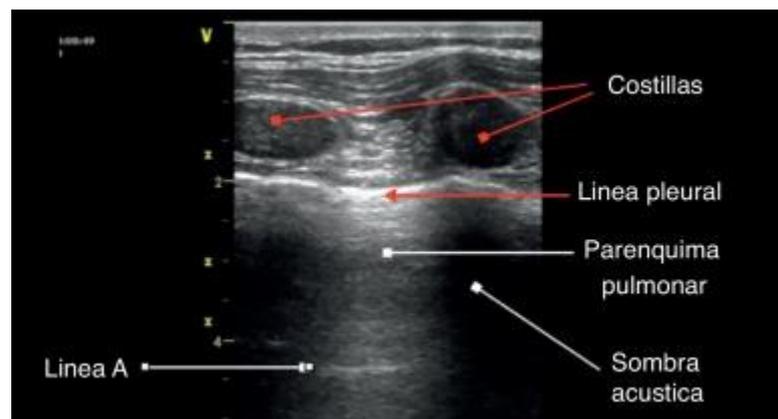
Fuente: extraído de ^[11]

Figura 4. Líneas A en ecografía.



Fuente. Extraído de ^[12]

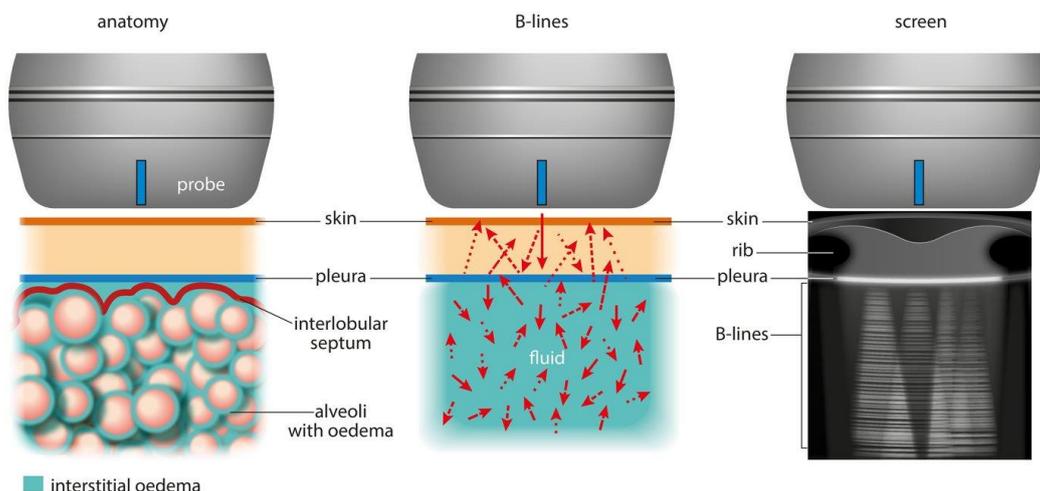
Figura 5. Signo del murciélago.



Fuente. Extraído de ^[12]

Otro artefacto que nos da información sobre el estado del pulmón son las líneas B. Estas son reverberaciones verticales e hiperecogénicas. Se inician en la línea pleural y llegan al fondo de la pantalla. Tienen movimiento que coincide con la respiración (figura 6). También llamadas “colas de cometa”, representan un aumento de agua intersticial en un área del pulmón. Es importante señalar que la mera presencia de líneas B no implica existencia de patología, por ventana intercostal, más de tres líneas se considera patológico. ^[10]

Figura 6 Líneas B



Fuente: extraído de ^[11].

es una técnica no invasiva, capaz de proveer un inmediato reconocimiento de la etiología subyacente de diversas patologías como pueden ser el fallo agudo respiratorio y las lesiones traumáticas de tórax.^[13]

En estudios comparativos, se ha demostrado que la ecografía torácica supera a la exploración física y ofrece más detalle y datos más sensibles comparados con la radiografía de tórax tradicional para identificar diferentes afecciones pulmonares^{[7][14]}. En el caso de la tomografía computerizada la precisión es al menos igual ^[6]. Entre ellas, neumotórax, derrame pleural y contusión pulmonar.^{[15][13]} Sin embargo, parece que no sigue siendo la primera herramienta para su detección e identificación y la mayoría de los profesionales sanitarios se decantan por la radiografía de tórax.

1.2.2 Las patologías producidas por el buceo

El Edema Pulmonar de Inmersión (EPI) es una forma de edema pulmonar de reciente conocimiento. Afecta tanto a buceadores con equipo (SCUBA) como apneístas, aunque también ha sido descrito en nadadores de superficie, tanto jóvenes como mayores, en especial con presencia de comorbilidad cardíaca, aunque también puede presentarse en sujetos sanos^{[16][17][18]}. No tiene un mecanismo claramente establecido, aunque hay factores que pueden desencadenarlo: agua fría, natación intensa, aumento del esfuerzo inspiratorio, estrés y como se ha comentado anteriormente, enfermedades previas y en especial de origen cardíaco^{[19][20]}.

El EPI se produce por la salida de plasma y sangre hacia el espacio alveolar procedente de los capilares pulmonares con la consiguiente dificultad a la hora de la difusión de gases alveolares. Para llegar a este punto confluyen varios factores. En primer lugar, durante la

inmersión se produce una redistribución del flujo sanguíneo, en particular de los miembros inferiores hacia la zona central por la presión hidrostática del agua, que genera un aumento de la circulación pulmonar y de la precarga. En segundo lugar, se produce una vasoconstricción periférica por efecto del estrés medioambiental (agua fría, actividad, aparataje) y del ejercicio físico, aumentando la poscarga y la presión capilar alveolar. Otro factor que contribuye es el mayor esfuerzo inspiratorio que se experimenta y que produce una mayor presión inspiratoria negativa con el consecuente desequilibrio en el gradiente de presión capilar favorable al alveolo.

Los síntomas asociados son disnea, tos, hemoptisis, palidez, cianosis e hipoxemia que suelen aparecer en el fondo o durante el ascenso^[20]. El tratamiento requiere salida a superficie y administración de oxígeno normobárico. Aunque habrá que estar alerta ya que se pueden desencadenar o empeorar otras enfermedades de base que pudiera padecer el buceador previamente.

Enfermedad descompresiva. Conjunto de trastornos producidos por una disminución rápida de la presión atmosférica, suficiente como para provocar la formación de pequeñas burbujas de nitrógeno (gas inerte), que se encuentra disuelto en diversos tejidos o incluso en el torrente sanguíneo. En el caso concreto del buceo, se produce por un ascenso rápido y descontrolado a superficie^[1]. Mientras el buceador se encuentra en inmersión (fase de compresión) el incremento de las presiones parciales de los gases inertes presentes en el organismo va a originar su absorción y disolución en los tejidos. La Ley de Henry será la que explique esta patología. Y dice así: a temperatura constante, la cantidad de un gas que es absorbido por un líquido con el que se encuentra en contacto, es directamente proporcional a la presión. El gas seguirá disolviéndose hasta que la presión exterior e interior se igualan (alcanzan el punto de equilibrio). Podemos afirmar, que esta ley solo afecta a gases inertes, en este caso el nitrógeno (N₂) o el helio (He₂). Ya que el O₂ es utilizado por el organismo y el CO₂ representa un porcentaje pequeño. Además, también influyen factores como el tiempo de exposición, temperatura, riego sanguíneo y perfusión tisular. Una vez que el buceador asciende a superficie (fase de descompresión) los gases se liberan desde los tejidos, hacia la sangre y pulmones. En definitiva, el buceador debe eliminar ese exceso de gas inerte que ha ido acumulando durante su descenso. Esto dependerá además, de lo ya comentado, de la profundidad y del tiempo de inmersión. Es importante señalar, que esta fase de descompresión debe hacerse de forma ordenada y siguiendo unas pautas en las que el buceador deberá parar a unas profundidades establecidas durante un tiempo variable. El incumplimiento de estas pautas y en algunos casos, el buceo a profundidades en el límite entre la necesidad de realizar

paradas de descompresión o no, será lo que determine el desarrollo de la sintomatología que describiremos a continuación.

La Enfermedad Descompresiva (ED) se clasifica en función de su sintomatología. Por un lado, la ED tipo I o leve se caracteriza por presentar síntomas a nivel articular con dolor articular, de intensidad creciente y a nivel cutáneo con aparición de prurito, manchas cutáneas y rash cutáneo. En la ED tipo II presenta afectación a nivel neurológico, cardiovascular, respiratorio o gastrointestinal. Lo más habitual es encontrar dolor a nivel dorso lumbar y pérdida sensitivo-motora progresiva y afectación esfinteriana^[1]. El pronóstico depende de la gravedad del cuadro. Generalmente la ED tipo I es leve y suele remitir con la administración de oxígeno normobárico. En el caso de la ED tipo II pueden llegar a comprometer la vida y/o tener tendencia a dejar secuelas invalidantes si no se identifican y tratan de forma correcta. El tratamiento es la recompresión en cámara hiperbárica e hiperoxigenación. El objetivo es disminuir el tamaño de las burbujas que están provocando la sintomatología, su disolución y favorecer su eliminación del organismo.

Síndromes sobreexpansión pulmonar. Conjunto de enfermedades producidas por barotraumatismos debido a la sobreexpansión del gas atrapado en el pulmón durante la fase de ascenso. Rotura de los sacos alveolares. La causa es la retención voluntaria o involuntaria del aire por el buceador. Situaciones como el agotamiento del suministro de aire, la entrada en pánico del buceador ante determinados estímulos o la necesidad urgente de llegada a superficie pueden provocar el ascenso rápido y descontrolado del buceador provocando una expansión del aire en los pulmones debido a la reducción brusca de la presión atmosférica. La sintomatología dependerá de dónde se aloje el aire liberado del pulmón. En primer paso es la ruptura de los alveolos con acumulación del aire en el tejido pulmonar, situación conocida como enfisema intersticial. Después el aire se puede acumular en la cavidad torácica o en la circulación arterial^[1].

Embolia Arterial Gaseosa. En el caso de que tras la lesión pulmonar el aire en forma de burbujas de gas pase a la circulación se podría producir la obstrucción del flujo sanguíneo. Los órganos especialmente susceptibles a la embolia gaseosa son SNC y corazón.

Neumomediastino. Producido cuando el gas pasa forzado a través del tejido pulmonar lesionado a las estructuras del mediastino.

Enfisema subcutáneo. En este caso, el gas migra hasta los tejidos subcutáneos del cuello. Para que se este se produzca es necesaria la presencia de neumomediastino.

Neumotórax. Acumulación del aire en el espacio pleural. En su manifestación más habitual el pulmón afectado queda parcialmente colapsado (neumotórax simple) produciendo grado variable de distrés respiratorio. En ciertos casos, el daño pulmonar provoca entrada de aire en el espacio pleural pero no su salida. El espacio pleural progresivamente va aumentando generando tensión en las estructuras adyacentes, colapso de pulmón afectado, compresión cardíaca e incluso desplazamiento del mediastino al lado contralateral. Un neumotórax simple cuando el buceador está bajo el agua puede evolucionar a neumotórax a tensión al ascender a superficie ^[21].

Los signos y síntomas que podemos observar son dolor torácico, dificultad respiratoria, sensación de falta de aire, pulso débil y taquicardia. Los movimientos y sonidos respiratorios normales pueden estar disminuidos o abolidos en el lado afectado. En el caso de neumotórax a tensión son similares, pero progresivamente más intensos llegando a caída de la tensión arterial, cianosis y desplazamiento visible de la tráquea. En situaciones más extremas shock y muerte. El tratamiento es el drenaje urgente del aire atrapado en el espacio pleural mediante tubo torácico o catéter intravenosos de gran calibre (14G).

2 Objetivos

1. Objetivo general.
 - a. Evaluar la eficacia del uso de la ecografía en la detección precoz de patología pulmonar aguda en buceadores.
2. Objetivos específicos.
 - a. La ecografía como competencia de enfermería de práctica avanzada.
 - b. Identificar los contextos/ entornos en los que se podría llevar a cabo.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Diseño del estudio

Este estudio es una revisión sistemática, del tipo *Scoping Review*, de la literatura científica publicada sobre el uso de la ecografía para la detección de patología aguda pulmonar en el contexto de la práctica de actividades subacuáticas. Una *Scoping Review* o revisión exploratoria como se denomina en español, nace de la necesidad de sintetizar evidencias a partir de un objetivo de revisión más amplio (suelen ser temas menos conocidos y explorados). Además, es característico de este tipo de metodología, el uso de diversas fuentes de evidencia no acotándolo solo a ensayos clínicos aleatorizados o estudios observacionales como es el caso

de este estudio. Se ha tenido que recurrir a estudios prospectivos, reportes de casos, publicaciones académicas y documentos de consenso.

De la misma manera que en una revisión sistemática, la revisión exploratoria sigue una metodología sistematizada de manera que puede ser reproducible. Por tanto, para su elaboración se siguieron las directrices de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) en su versión más reciente ^[22].

3.2 Pregunta de investigación estructurada

Para la formulación de la pregunta de investigación se utilizó el acrónimo PICO ^[23], que nos ayuda a enunciar una pregunta clínica dirigida y a la búsqueda precisa de información. Este método, nos proporciona la elección de la mejor evidencia, aumentando la facilidad de encontrar literatura que otorgue validez y nos evita resultados innecesarios.

Determinándose de la siguiente manera:

Tabla 2. Desarrollo de la pregunta PICO.

P	I	C	O
Población estudiada	Intervención realizada	Comparado con...	Outcome (desenlace medido)
Buceadores y apneístas (recreativos y profesionales)	Ecografía pulmonar tras inmersión	No procede	Detección de patología pulmonar tras buceo

Fuente: elaboración propia.

Como resultado, obtenemos la siguiente pregunta de investigación: “¿Es la ecografía pulmonar eficiente y eficaz para detectar de forma precoz las patologías pulmonares producidas por el buceo?”

3.3 Criterios de elegibilidad

3.3.1 Búsqueda y fuentes de información

Con el objetivo de encontrar el abanico más amplio de literatura científica sobre el tema de estudio, se realizaron las primeras búsquedas electrónicas libres en noviembre de 2022 con los términos *scuba*, *echography* and *lung* en las bases de datos PubMed, CINAHL, Academic Search Ultimate, SPORTdiscuss y Google Scholar.

Posteriormente, se realizó una segunda búsqueda con los términos MeSH (Medical Subject Headings)^[24] y combinaciones booleanas. Para conocer la correspondencia de los términos MeSH en inglés y español se recurrió al Portal de Descriptores de las Ciencias de la Salud (DeCS). La búsqueda se realizó de la siguiente manera: (((diving) AND (ultrasonography)) AND (lung)) AND (nursing) no obteniendo resultados. Se optó por dividir la búsqueda en dos partes. En la primera nos ceñimos a los objetivos generales de esta manera: ((diving) AND (ultrasonography)) AND (lung) en las bases de datos PubMed, CINAHL, Academic Search Ultimate, SPORTdiscuss y Google Scholar. En la segunda, para no dejar un objetivo específico sin cubrir se escogió la siguiente combinación: ((nursing) AND (ultrasonography)) AND (lung). En cuanto al idioma de búsqueda, se optó por el inglés para aumentar el número de artículos disponibles. La descripción numérica y el proceso de selección y exclusión de artículos se plasma posteriormente en el apartado resultados.

Tabla 3. MeSH utilizados y correspondencia DeCS.

Español	Inglés
Buceo	Diving
Ultrasonografía	Ultrasonography
Pulmón	Lung
Enfermería	Nursing

Fuente. Elaboración propia.

3.3.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios llevados a cabo para incluir los estudios encontrados y tras su análisis excluirlos si fuera necesario se describen a continuación.

Tabla 4. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Referencia en el título de patología de buceo y/o ecografía	Estudios fechados anteriormente de 2010
	Tras lectura del resumen no hay mención de la ecografía
	Tras lectura del artículo la ecografía no es la herramienta principal en el estudio o no aporta información relevante a los objetivos mencionados anteriormente.

Fuente. Elaboración propia.

4 RESULTADOS

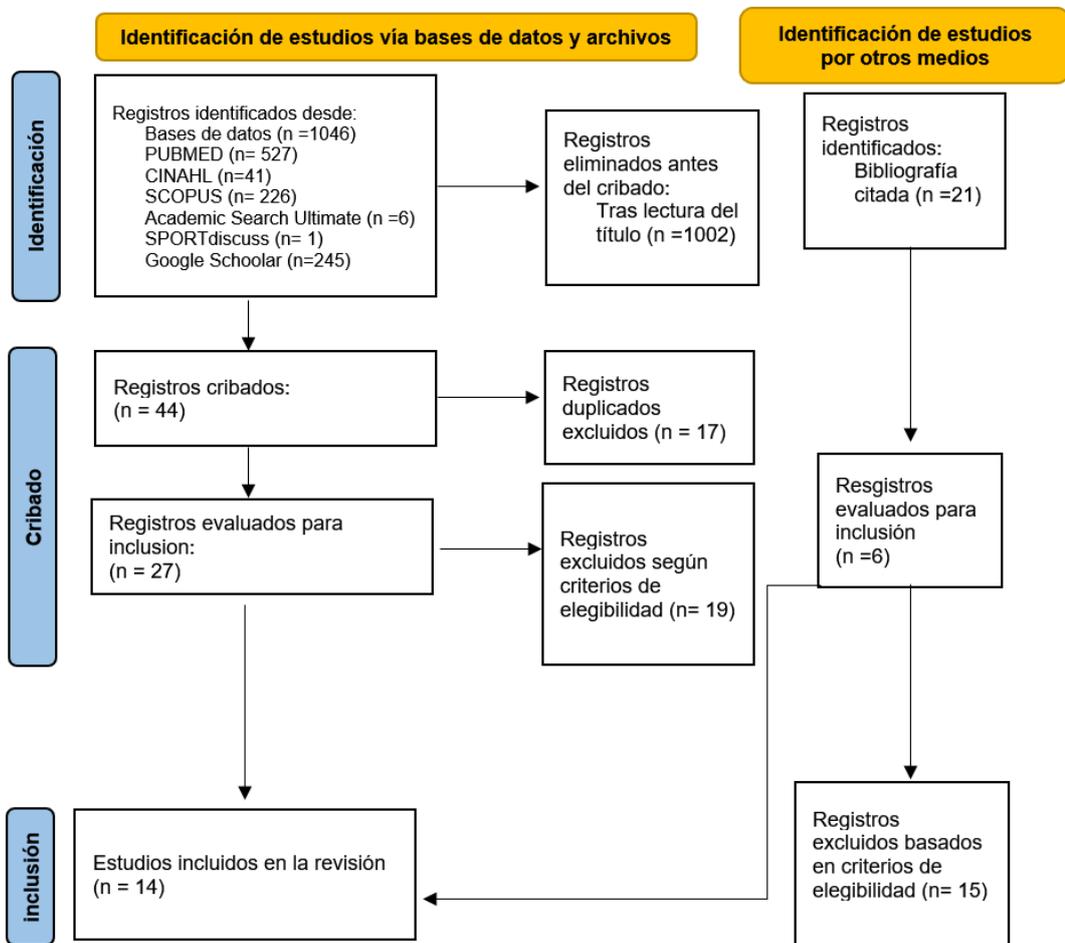
4.1 Estrategia de búsqueda

Se analizaron 1046 documentos extraídos de bases de datos y 21 obtenidos a través de bibliografía de los artículos considerada relevante. Finalmente se incluyeron 14 artículos en esta revisión. Los resultados los podríamos englobar en 3 grupos acordes a la temática de la revisión. Por un lado, un primer grupo de estudios que tratan sobre enfermedad relacionada con el buceo (EPI, ED) identificada con ecografía. Un segundo grupo sobre patología, que también puede darse en la práctica del buceo (neumotórax), pero que no ha sido posible encontrar estudios que lo traten de forma conjunta. Y, por último, un tercer grupo de trabajos que hacen referencia a la ecografía como práctica de enfermería.

4.2 Diagrama de flujo

A continuación, se presenta de forma gráfica, en diagrama de flujo, los pasos seguidos en la búsqueda bibliográfica.

Figura 7. Diagrama de flujo PRISMA.



Fuente. Elaboración propia de las directrices de la guía PRISMA ^[22]

4.3 Calidad de los estudios

Para el análisis de la calidad interna de los estudios incluidos en esta revisión, se ha utilizado la tabla de evaluación de la calidad de los estudios pre y post sin grupo control que propone el *National, Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI)* en su versión más reciente, julio de 2021^[25] y la tabla de comprobación para informe de casos propuesta por el *Joanna Briggs Institute (JBI)*^[26]. Se ha optado por dos fuentes diferentes, ya que cada una de ellas proporcionaba un análisis más completo de la calidad de los estudios escogidos. Podemos destacar en prácticamente todos, la falta de tamaño muestral. De hecho, es un punto limitante que la mayoría de los autores destacan. Las dos tablas de comprobación se exponen de manera detallada en el anexo 1 y 2 respectivamente.

4.4 Ecografía torácica y patologías producidas por el buceo

En el estudio de Lambrechts, K et al (2011)^[17] se analizaba el efecto de varios tipos de inmersiones en apnea en 40 sujetos. Se les realizó un estudio ecográfico pre y post-inmersión evidenciando la presencia de agua extravascular pulmonar que identificaron a través de acumulación de líneas B o colas de cometa.

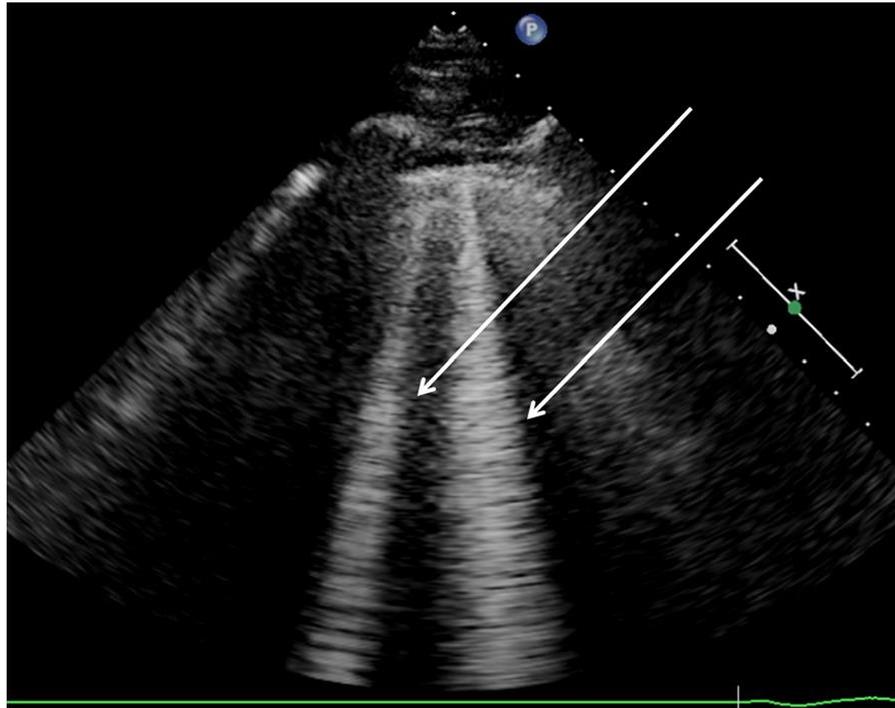
Francesca, F et al (2008)^[27] estudió ecográficamente a 32 apneístas de élite durante el Campeonato Internacional de apnea Sharm-el-Sheik (Egipto). A medida que los sujetos iban acumulando inmersiones, se fue evidenciando el aumento de colas de cometa o líneas B en todos.

Ljubkovic et al. (2010)^[16] analizó a 7 buceadores profesionales y experimentados de la Unidad Croata de Búsqueda y Rescate (CSR) mediante varias inmersiones en 3 días. El control ecográfico se realizó antes y después de cada inmersión contabilizando el número de líneas B. En este estudio también se objetivó un efecto acumulativo del total de líneas B tras cada inmersión, pero los sujetos no desarrollaron síntomas y las alteraciones que presentaron tanto ecográficas, cardíacas y metabólicas se resolvieron en un breve espacio de tiempo.

Boussuges, A. et al (2011, 2017)^{[28][29]}. estudió en dos ocasiones las causas que podían contribuir al aumento del agua extravascular pulmonar después de la práctica de buceo. En el primero de ellos, se analizó a 30 sujetos participantes en 2 competiciones de pesca submarina en apnea. Se encontraron hallazgos de nuevo de acumulación de agua extravascular pulmonar por la presencia de líneas B patológicas en 3 de ellos. Además, fueron asociados con sintomatología como tos y falta de aire. Mediante espirometría se evidenció también una reducción de la función pulmonar. En el segundo estudio se analizó a 106 alumnos del Instituto Nacional Francés de Buceo Profesional durante 8 semanas. Hizo un análisis estadístico de las

causas que influían en la aparición de EPI mediante valoración ecográfica de líneas B. Su conclusión fue que el ejercicio realizado durante el buceo era el principal factor.

Figura 8 . Dos líneas B (colas de cometa) surgiendo de la línea pleural



Fuente. Estraído de ^[29]

Dujic, Z. et Al (2011) examinó a 12 buceadores militares mediante inmersión única con aire a 33 metros de profundidad durante 20 minutos en el fondo. No encontraron aumento significativo de líneas B y no presentaron sintomatología asociada.

Cialoni, D et al (2014)^[30] hipotetizó sobre la validez del período de seguridad establecido antes de poder estar expuestos a grandes alturas tras haber realizado múltiples inmersiones. Para ello, estudió a 32 buceadores durante 7 días de inmersiones con aire. Realizó estudios ecográficos para identificar acumulación de agua extravascular pulmonar y presencia de burbujas de gas en cavidad cardíaca. Los buceadores fueron en avión hasta el lugar de las inmersiones y al finalizar (con un intervalo de seguridad de 24h) volvieron a embarcar en el avión de vuelta. Las ecografías fueron realizadas en el viaje de ida, durante la semana de inmersiones, antes de embarcar y durante el vuelo. Los resultados fueron un aumento de la acumulación de burbujas de gas intravascular durante la semana de inmersiones, un decrecimiento total en las 24h posteriores y un pequeño aumento en 6 de los 32 sujetos durante el vuelo pero que fueron disminuyendo durante el mismo.

Youuchi, Y et al (2021)^[31] publicó el caso de un hombre de 53 años que había realizado 2 inmersiones de 45 min a una profundidad máxima de 21 metros. Tras llegar a superficie comenzó a sentir dolor abdominal, disnea y presencia de cutis marmorata. Tras valoración en urgencias se le realizó ecografía evidenciándose presencia de burbujas de gas a nivel vascular hepático confirmado por Tomografía Computarizada. Se le diagnosticó enfermedad descompresiva tipo II.

Figura 9. Cutis marmorata



Figura 10. Cutis marmorata



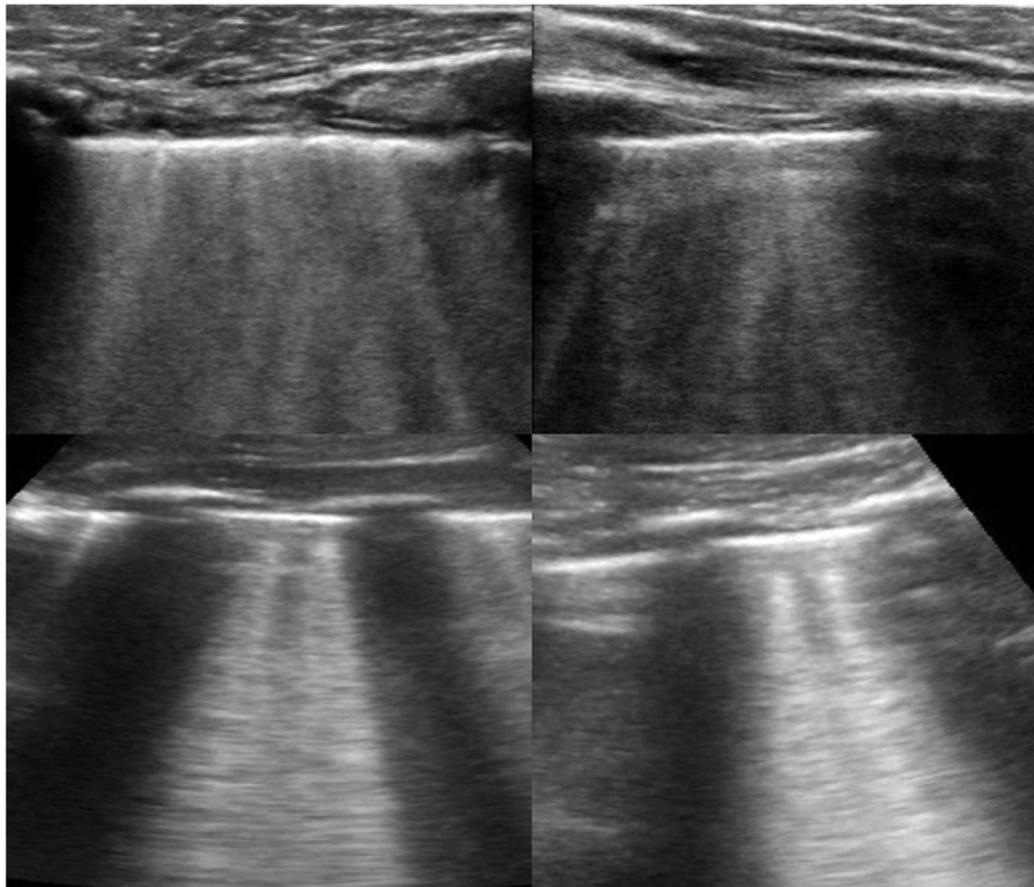
Fuente. Extraídos de ^[31] y ^[32] respectivamente.

Yanagawa, Y. et al (2016) ^[32] presentó el caso de un varón de 26 años que acudió al Servicio de Urgencias con vértigo, nistagmus e hipoacusia derecha, además de cutis marmorata. Se le realizó estudio ecográfico mostrando presencia de burbujas en vena cava inferior, que posteriormente fue confirmado con Tomografía Computarizada.

Tello-Montoliu, A. et al (2021)^[18] realizó un estudio para evaluar la seguridad del sistema de respiración semi-cerrado CRABE tras la declaración de una alerta de EPI por su uso. Analizó a 14 buceadores militares tras realizar inmersiones a 10 metros de profundidad con tiempos en el fondo desde los 30 min hasta los 120 min. Las ecografías pulmonares mostraron líneas B en el 64,2% de los sujetos, pero ninguno de ellos llegó al mínimo diagnóstico y no presentaron sintomatología.

Valle Alonso, J. et al (2017)^[20] publicó el caso de una mujer de 28 años, con un gran nivel de forma física y altamente entrenada que presentó EPI tras su entrenamiento de natación en aguas abiertas. Se le realizó estudio ecográfico a la llegada a urgencias con la presencia de líneas B en todas las zonas estudiadas.

Figura 11. Presencia de líneas B difusas (se muestran 4 de las 8 zonas estudiadas)



Fuente. Extraído de ^[20].

Griffiths, E. et al (2021)^[33] publicó una revisión sistemática y metaanálisis en el que evaluaba la ecografía torácica para la detección de neumotórax en el entorno del *Helicopter Emergency Medical Services (HEMS)*. Sus resultados fueron que las imágenes obtenidas tuvieron una alta especificidad, pero sensibilidad variable. Un alto porcentaje de esas muestras fue realizado por personal de enfermería y personal paramédico.

En el estudio realizado por Jacob, A. et al (2015)^[4] para comprobar la capacidad de detección de neumotórax por personal no médico en el contexto de *HEMS*. Un total de 26 tripulaciones de vuelo compuestas por personal de enfermería y paramédicos realizaron los estudios ecográficos durante el vuelo mientras que a la llegada a los hospitales se les realizaba ecografía, Rx tórax y tomografía computarizada. Sus resultados fueron que las ecografías realizadas en vuelo tuvieron una precisión del 91% frente a un 98% en comparación con las realizadas a la llegada al hospital.

Los hallazgos en el ecógrafo que refieren los artículos eran los siguientes: en modo B ausencia de deslizamiento pleural (lung sliding) y ausencia de colas de cometa ^[34]. No se debe encontrar líneas B, ya que su mera presencia descarta neumotórax. Se necesita indemnidad pleural para su existencia. Si se cambia a modo M se puede comprobar el signo de “código de barras” ^[4] como ya se mencionó anteriormente (figura 12).

Figura 12. Ecografía en modo B y M sin y con evidencias de neumotórax.

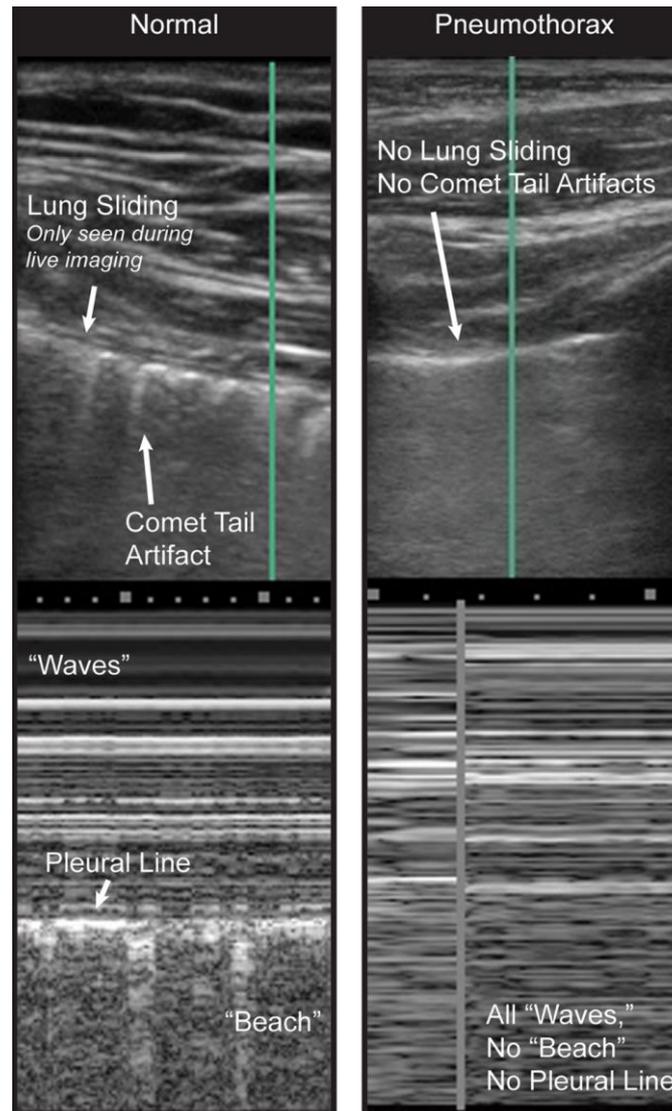


Figura 10. Extraído de ^[4]

Mumoli, N. et al (2016)^[3] publicó un estudio en que analizaba la precisión del personal de enfermería para la realización de ecografías pulmonares en el contexto de pacientes que acuden a servicios de urgencias por insuficiencia cardíaca congestiva. Se determinó que la interpretación de las imágenes tuvo una sensibilidad del 95,3% y una especificidad del 88,2% en comparación con el test de referencia. Éste consistía en el análisis de los pacientes y sus imágenes por 2 facultativos independientes.

4.5 Tabla de resultados

A continuación, se expone de forma esquemática, los aspectos clave de los estudios seleccionados para sintetizar y resumir la información relevante

Tabla 5. Resultados de los artículos

AUTOR AÑO	DISEÑO	Nº PARTICIPANTES EDAD GÉNERO	OPERADOR ECOGRAFÍA	INTERVENCIÓN ECOGRAFÍA	INTERVENCIONES	CONCLUSIONES
1 Ljubkovic et al 2010	Prospectivo Pre y prost Sin grupo control	7 40,2+9 años Hombres	Cardiólogos	30-40 min pre-inmersión 120-180 min prost-inmersión	3 inmersiones en 3 días seguidos de 63-65m	A pesar de los resultados, no presentaron sintomatología y los hallazgos se normalizaron tras 2-3h.
2 Lambrechts, K 2011	Prospectivo Pre y prost Sin grupo control	42 35+10 años 40 hombres, 2 mujeres	No específica	Pre-inmersión y post-inmersión	4 tipos de inmersiones en apnea diferentes. Apnea en movimiento a poca profundidad. Apnea de profundidad hasta 50m. Apnea estática durante 300 seg. Apnea estática repetida (10x30seg)	Las variaciones de colas de cometa no solo son atribuibles a la profundidad y al esfuerzo realizado. Los cambios hemodinámicos por la presión hidrostática, las contracciones diafragmáticas y abdominales pueden contribuir al estrés pulmonar.
3 Boussuges, A 2017	Prospectivo Pre y prost Sin grupo control	106 31+7 años 104 hombres 2 mujeres	Investigadores experimentados	Pre-inmersión y post-inmersión	263 inmersiones. Profundidad max 30-33 m. duración en el fondo max. 40 min. Ascenso acorde a recomendaciones máx 9 metros/min. Paradas de descompresión a 3, 6 ó 9 metros.	Solo 2 buceadores presentaron síntomas respiratorios que cedieron espontáneamente. 12 presentaron aumentos de líneas B significativos.
4 Francesca, F 2008	Prospectivo Pre y prost Sin grupo control	31 31+5 años 10 mujeres, 21 hombres	Ecografista Médico Técnico	Pre-inmersión (el día antes de la inmersión). Post-inmersión (siempre en un plazo de 15 desde la pre)	Inmersiones con un rango entre 31 hasta 112 m de profundidad y de una duración entre 120 hasta 225 segundos.	ULCs siempre presentes, aunque no todos los sujetos con síntomas de edema pulmonar. A menudo con síntomas no relacionados o ausentes.
5 Boussuges, A 2011	Prospectivo Pre y prost Sin grupo control	30 33+8 años 30 hombres	No específica	Pre-inmersión y 1h post-inmersión	10 sujetos evaluados en 1 competición en invierno. Profundidades 20+-2,7m. Tª agua 12°C. Tiempo 5h. 20 sujetos evaluados en 1 competición en otoño. Profundidades 28m+-11m. Tª agua 23°C, tiempo 5h.	Agua extravascular no se puede limitar solo a un factor estresor aislado. El frío, natación, inmersiones repetidas están relacionadas.
6 Dujik, Z 2011	Prospectivo Pre y prost Sin grupo	12 38,8+4,9 años 12 hombres	No específica	Pre-inmersión 30-40min. Post-inmersión tres medidas a los 20 min, 60 min y 120	Inmersión única con aire hasta 33m. Tiempo en fondo 20 min. Tª agua 18°C superficie, 16°C fondo.	No hallazgos debido al poco tiempo en el fondo, escasa profundidad, falta de esfuerzo físico

control

min. Medición de líneas B y burbujas de gas venosas y arteriales

durante la inmersión y que los sujetos estaban altamente entrenados.

AUTOR AÑO	DISEÑO DEL ESTUDIO	Nº PARTICIPANTES EDAD GÉNERO	OPERADOR ECOGRAFÍA	INTERVENCIÓN ECOGRÁFICA	INTERVENCIONES	CONCLUSIONES
7	Cialoni, D 2014	Cohortes 32 45,85+-13,17 años 23 hombres 9 mujeres	Técnico (500h de experiencia en ecografía torácica)	Ecografía en modo Doppler. 3 controles: 1º en el vuelo de ida al lugar del estudio a los 30, 60 y 90 min tras el despegue. 2º en cada día de buceo a los 30 min antes y después y a los 60 y 90 min después. 3º antes del embarque (con 24h de margen desde la última inmersión y a los 30, 60 y 90 min del despegue.	7 días de inmersiones repetidas hasta un máximo de 45 min de tiempo de inmersión y 30 m de profundidad. Realizan parada de seguridad a los 5 m de 3 min de duración. Se forman 3 grupos en los que irán asignando a los sujetos. Grupo 1 los que presentan burbujas, grupo 2 los que presentan burbujas de forma ocasional y los que no desarrollaron burbujas.	Control 1. No encuentran burbujas en ningún sujeto. Control 2. Se detecta en 6 de los sujetos presencia de burbujas tras cada día y tras cada inmersión. 10 desarrollaron burbujas de forma ocasional y los 16 restantes no desarrollaron. Control 3. No hubo presencia de burbujas en ningún sujeto antes del vuelo. Durante el vuelo se identifican burbujas en 6 sujetos (los mismos que habían desarrollado burbujas en todo momento durante la fase 2).
8	Youichi, Y 2021	Reporte de Casos 1 53 años Hombre	No específica	Ecografía en vena porta al llegar a urgencias.	2 inmersiones de 40 y 45 min respectivamente. A una profundidad máxima de 21 m	Uso de ecografía para identificar presencia de burbujas de gas en el sistema vascular y cardíaco.
9	Yanagawa, Y 2016	Reporte de Casos 1 26 años Hombre	No específica	Ecografía realizada en tórax para visualizar presencia de burbujas en corazón y vena cava inferior	No aporta datos sobre el tipo de inmersión realizado ni del ascenso a superficie.	Caso presentado en el que el estudio ecográfico es útil para identificar enfermedad descompresiva tras historia de síntomas compatibles y actividad subacuática reciente.
10	Tello-Montoliu, A 2021	Prospectivo 14 39,4+- 5,8 años Hombres	No específica	Ecografía pulmonar y cardíaca pre y post a la inmersión de 120 min.	Series de inmersiones de 30-60-90-120 min en el fondo a una profundidad de 10 m.	Se evidencia aumento de colas de cometas en el 64,5% de los sujetos. Solo 3 de 14 presentan un grado ligero.
11	Alonso, JV 2017	Reporte de casos 1 28 años Mujer	No específica	Ecografía pulmonar en 8 zonas bilateral al llegar a urgencias.	En el contexto de preparación para una prueba de natación en aguas abiertas de larga distancia. 5 Km de natación el día previo.	Se evidenció líneas B difusas en todas las zonas analizadas.

7 Km el día de la presentación de los síntomas (sensación de falta de aire).

Además, se confirmó con el apoyo de radiografía de tórax.

AUTOR AÑO	DISEÑO DEL ESTUDIO	Nº PARTICIPANTES EDAD GÉNERO	OPERADOR ECOGRAFÍA	INTERVENCIÓN ECOGRÁFICA	INTERVENCIONES	CONCLUSIONES
12 Griffiths, E 2021	Revisión sistemática	1936 imágenes (no específica total de pacientes)	58% Enfermería y paramédicos. 34% por médicos 8% no especificado	Ecografía torácica para identificar/ descartar neumotórax.	Pacientes obtenidos de patología traumática en el contexto prehospitalario tanto terrestre como aéreo.	Es posible identificar neumotórax con US en ambiente prehospitalario, en especial en aeroevacuaciones. La sensibilidad fue variable, pero la especificidad muy alta.
13 Quick, JA 2015	Prospectivo	149 pacientes 18-94 años 69% hombres 31% mujeres	26 operadores entre enfermería y paramédicos.	Ecografía torácica para detectar neumotórax y correcta colocación del ET.	Ecografía torácica realizada por el equipo de trauma en vuelo comparada con la ecografía realizada por cirujanos, TAC y Rx de tórax a la llegada de los hospitales.	Sensibilidad del 68%, especificidad del 98% y una precisión global del 91%. US debe ser utilizada para aumentar las capacidades diagnósticas de todo el personal de evacuación aérea.
14 Mumoli, N 2019	Prospectivo	226 pacientes	5 enfermeras	Ecografía torácica para detectar insuficiencia cardíaca congestiva	Ecografía pulmonar a 226 pacientes admitidos por disnea como motivo de consulta a urgencias.	Sensibilidad 95,3% Especificidad 88,2%

5 DISCUSIÓN

5.1 Eficacia del uso de la ecografía en la detección precoz de patología pulmonar aguda en buceadores.

En cuanto al Edema Pulmonar de Inmersión (EPI), los estudios de Francesca, F et al (2008), Ljubkovic et al. (2010), Lambrechts, K et al (2011) y Boussuges, A. et al (2011) corroboraron la detección, mediante ecografía torácica, de acumulación de agua extravascular pulmonar en los sujetos estudiados tras realizar inmersiones. En todos ellos, se hizo una comparación entre la cantidad de líneas B pre y post-inmersión evidenciándose que a través de la ecografía era posible detectar los efectos que el buceo provocaba en los buceadores. En concreto, podemos destacar a Francesca, que evidenció que en 14 de 32 de los sujetos el aumento fue significativo y presentaron síntomas variables (palpitaciones, pérdida de control motor, síncope y cefalea), de los cuales 2 fueron claros de edema pulmonar de inmersión. El poder detectar esta acumulación de líquido de forma precoz puede ser interesante ya que es considerada como una forma de presentación primitiva de edema pulmonar^[17].

Otros autores encontraron en todos los casos presencia de líneas B, aunque no se correlacionaba de igual forma con sintomatología. Sin embargo, Ljubkovic, concluyó que la acumulación de agua extravascular pulmonar era un fenómeno pasajero que se resolvía sin presentar sintomatología en 2-3 horas tras realizar la inmersión. La presencia de líneas B aumentaba en los sujetos post-inmersión, pero volvía a descender en el siguiente estudio ecográfico pre-inmersión. Además, Tello, aunque también detectó líneas B, y en consecuencia acumulación de líquido extravascular pulmonar, en su caso no todos los participantes presentaron hallazgos de colas de cometas. Sus resultados se dieron en 9 de los 14 sujetos con presencia de líneas B pero en ningún caso se llegó al mínimo diagnóstico ni presentaron signos y/o síntomas relacionados con compromiso respiratorio o edema de pulmón. Como ocurre en otras patologías, hay un iceberg de enfermedad subclínica antes de que los síntomas se hagan presentes. Más significativo en este sentido, es el trabajo de Djukiz. No se encontró evidencia de líneas B, este resultado podría ser debido al tipo de intervención escogida, ya que solo fueron sometidos a una única inmersión sin esfuerzo físico y con personal entrenado. Boussuges (2017) también determinó que no se encontraba aumento significativo de líneas B en sujetos cuando las inmersiones se realizaban siguiendo las recomendaciones establecidas.

Tras los resultados tanto por un extremo como por otro, parece claro que la ecografía torácica puede ser una herramienta ideal para detectar el edema pulmonar y edema pulmonar subclínico. Mención a añadir, es que algunos de los estudios ecográficos se realizaron en entornos no habituales como embarcaciones y aeronaves sin necesidad de otras pruebas para confirmar la presencia de patología. Ya en 2016, en un metaanálisis analizaron 12 estudios, y se determinó que la ecografía mostraba una alta sensibilidad (94%) y especificidad (98%) para la detección del derrame pleural en comparación con la radiografía de tórax con un 51% y 91% respectivamente^[14]. Estos datos podrían ser de interés especial en ambientes austeros, con problemas de logística, aislamiento del personal sanitario y con tiempos de evacuación prolongados^[27] para decidir llevar un dispositivo de imagen portátil sin necesidad de respaldo radiológico.

Respecto a la Enfermedad Descompresiva (ED), Cianloni, D. en su estudio, como se ha comentado anteriormente, sometió a 31 buceadores a inmersiones durante 7 días consecutivos. Corroboró mediante ecografía doppler la aparición de burbujas en el torrente sanguíneo de todos los ellos. Tras cumplir con el período de seguridad (24 horas) en el que no se recomienda someterse a condiciones de altitud tras haber estado sometido a condiciones hiperbáricas, no se identificó presencia de gas. Los buceadores fueron en avión hasta el lugar de las inmersiones y al finalizar (con un intervalo de seguridad de 24h), volvieron a embarcar en el avión de vuelta. Las ecografías fueron realizadas en el viaje de ida, durante la semana de inmersiones, antes de embarcar y durante el vuelo. Los resultados fueron un aumento de la acumulación de burbujas de gas intravascular prácticamente en todos los sujetos durante la semana de inmersiones y un decrecimiento total en las 24h posteriores. Una vez el vuelo iniciado y, por tanto, con una disminución de la presión atmosférica, las burbujas volvieron a aparecer en 6 de los buceadores. Aunque sí que se identificó la formación de gas, ninguno de los participantes desarrolló sintomatología incluso en la semana de inmersiones, momento en el que se registró el pico de recuento de burbujas. Con este estudio, se puede ver como la formación de burbujas de gas tras varias inmersiones se produce, aunque no necesariamente con desarrollo de sintomatología. Incluso reaparece en el vuelo tras haber cumplido todas las medidas de seguridad para evitar la aparición de ED.

Además, es interesante los dos casos publicados en los que se usa la ecografía para la detección de patología descompresiva en buceadores. Por un lado, Yanagawa, Y. describe la atención en el servicio de urgencias de un varón de 26 años que acude por nistagmus, vértigo, hipoacusia derecha, disestesia en MMII y curitis marmorata. Por otro lado, Oshaka, H. presenta el caso de un hombre de 53 años que tras realizar dos inmersiones de aproximadamente 40

minutos y 21 metros de profundidad cada una, siente dolor abdominal y disnea al llegar a superficie. Además, también presentaba curitis marmorata y cianosis. A ambos pacientes se les realizó una ecografía cardíaca, en vena cava inferior y zona hepática en las que se evidenció presencia de burbujas de gas. Los hallazgos quedaron confirmados mediante tomografía computarizada.

El 24-25 de agosto de 2015, se celebró el Encuentro Internacional en Ecografía para la investigación en el buceo. Fruto de este encuentro, surgen las recomendaciones bajo el consenso de expertos (grupo de 27 facultativos y científicos de 12 países) para la detección de burbujas de gas intravascular, su interpretación y reporte de los datos. Las burbujas que se forman a consecuencia de la descompresión (ascenso del buceador a superficie), pueden ser detectadas a través de métodos de ecografía, en concreto dos, Doppler y ecografía bidimensional. Para ello se desarrollaron diferentes escalas que correlacionan la cantidad de burbujas y la incidencia de Enfermedad Descompresiva (ED). En concreto, la escala Spencer y la Kisman-Masurel (KM) (figura 5 y 6) son las más utilizadas en el caso del método Doppler, y en el caso de la ecografía bidimensional destacamos la escala Eftedal-Brubakk (EB) y la EB expandida (figura 7 y 8). Ha quedado demostrado la correlación entre la graduación de las escalas Spencer y KM con el desarrollo de ED y, además, ha quedado confirmada la correspondencia, y por tanto la validez, de las escalas anteriores con las EB. ^{[35][34][32]}. Aunque la detección aislada de burbujas no es diagnóstica para enfermedad descompresiva, la carga de éstas en el sistema vascular sí que se correlaciona con la probabilidad de presentar esta patología. En concreto, en las Guías de Consenso para el uso de la ecografía en la investigación del buceo, queda reflejado que el número de burbujas en el torrente sanguíneo venoso está relacionado con la evidencia observada de enfermedad descompresiva.^[35]

Figura 14. Escala Spencer

Grade

0	No bubble signals;
I	Occasional bubble signals; great majority of cardiac cycles signal free;
II	Many, but less than half, of the cardiac cycles contain bubble signals;
III	Most cardiac cycles contain bubble signals, but not obscuring signals of cardiac motion;
IV	Bubble signals sounding continuously throughout systole and diastole, obscuring normal cardiac signals.

Figura 13. Escala Eftedal-Brubakk expandida

Grade

0	– no observable bubbles
I	– occasional bubbles
II	– at least one new bubble every four cardiac cycles
III	– at least one new bubble every cardiac cycle
IV a	– at least one bubble-cm ⁻² in every image
b	– at least three bubbles-cm ⁻² in every image
c	– near whiteout; individual bubbles still discerned
V	– whiteout; individual bubbles cannot be discerned

Fuente. Extraído y editado de ^[35]

En el caso del neumotórax, la identificación también es posible y está documentada mediante ecografía^[9]. Diversos estudios la han evaluado en el contexto extrahospitalario, en concreto en ambiente *HEMS* y en ambiente hospitalario. Jacob, A.^[4] evaluó la habilidad de personal de enfermería y paramédico para detectar neumotórax durante las evacuaciones (en lo que se denomina Point Of Care UltraSound POCUS) y en helicóptero. Este personal fue formado previamente para realizar e interpretar las imágenes. Aunque no se especifica el tiempo de duración, los autores reportaron que se podía llegar a tasas altas de identificación tras una sola sesión. Como se ha comentado anteriormente, la precisión rondaba el 90% en comparación con las interpretaciones realizadas en el hospital ^[4]. Otro estudio que apoya el uso de la ecografía para la detección del neumotórax es la revisión sistemática realizada por Griffiths, E^[33]. En el caso concreto de accidentes de buceo, la identificación del posible neumotórax es de suma importancia ya que los pacientes con embolia arterial gaseosa son pacientes que han sufrido barotrauma pulmonar por definición y tienen un gran riesgo de desarrollar neumotórax. Si este proceso se ha desarrollado antes de entrar en la cámara hiperbárica o durante el tratamiento en su interior y no ha sido identificado previamente, las consecuencias durante la fase de ascenso y descompresión pueden llegar a ser catastróficas^[9]. Podemos intuir la importancia que el rol de la ecografía podría tener en este tipo de pacientes. Además, en los informes de casos vistos anteriormente, los autores advierten que el conocimiento de la existencia del EPI y la identificación de sus síntomas por parte del personal sanitario que trabaja en el medio de cuidados críticos es esencial para poder realizar un abordaje de forma correcta.^[20]

5.2 La ecografía pulmonar como competencia en la Enfermería de Práctica Avanzada (EPA).

5.2.1 Introducción.

A mediados del siglo XX surge la figura de la EPA. Aunque existe una gran variabilidad en todo el mundo en cuanto a la denominación que la EPA recibe, parte de este problema, radica en denominar práctica avanzada a todas las figuras que van surgiendo y que van más allá de la propia enfermera generalista tradicional. Por todo esto, en un intento de consensuar una definición de EPA válida a nivel internacional, en 2008 el Consejo Internacional de Enfermería (CIE) la definió como una enfermera con un conocimiento experto, con capacidad para tomar decisiones complejas y con las competencias clínicas necesarias para poder llevar a cabo una práctica ampliada. Para ello recomendaba una formación de máster. Por tanto, según las directrices de 2020 de enfermería de práctica avanzada, esta figura, ha adquirido a través de

formación adicional la base de conocimientos, técnicas y habilidades expertos para poder realizar una práctica ampliada de la enfermería^[36].

La Sociedad Española de Enfermería de Urgencias y Emergencias^[37] define el perfil profesional de la Enfermería Clínica Avanzada en Urgencias y Emergencias. En este documento, se especifica la función de la enfermera especialista en urgencias y emergencias y se enumeran las áreas en las que son expertas, están capacitadas y son competentes para actuar. En concreto, el punto número 2 dice: *Utilizar con destreza y seguridad los medios terapéuticos y de apoyo al diagnóstico que se caracterizan por su tecnología compleja.*

Por otro lado, Villegas, V. et al^[38] desarrolló un documento de consenso, junto con el resto de autores, todos miembros de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias (SEMES). El objetivo era establecer un claro marco competencial base para todos los urgenciólogos, con la premisa inicial que la ecografía clínica debe ser una competencia transversal común. En este artículo, enfermería tiene su propio lugar, en el que se reconoce la ecografía clínica para enfermería en urgencias y emergencias. Esta técnica al ser un complemento y una forma de potenciación de la exploración física y, además, un apoyo imprescindible a la realización de procedimientos invasivos, un potencial especialista en enfermería de urgencias y emergencias debe dominar aplicaciones ecográficas como parte de sus competencias en la práctica clínica habitual. En el artículo, se remarcan las aplicaciones en las que se debe tener formación: comprobación de globo vesical previo sondaje, apoyo a la canalización de accesos vasculares de forma rutinaria para catéteres tipo PICC y como método de apoyo para canalizaciones periféricas dificultosas o con intentos fallidos. También se plantea como formación en un futuro el control del sondaje nasogástrico y la valoración de la vena cava inferior como medida hemodinámica. Además, en el ámbito de las emergencias extrahospitalarias deja la puerta abierta a la formación y adquisición de competencias que, aunque no especifica cuales, este contexto de actuación lleva a la realización y evaluación del protocolo EFAST.

En el plano internacional, el *American College of Emergency Physicians* en su declaración normativa sobre la última versión de las guías de ecografía, ya incluye al personal de enfermería como usuario de los ultrasonidos. Podemos encontrar un apartado dedicado a *“Advanced Practice Providers, Nursing, Paramedics, and other EM clinicians”* en el que se especifica que en muchos ambientes la capacidad de realizar US debe ser entrenada a personal no médico incluyendo proveedores de práctica avanzada, enfermeros, etc. Además, da unas pinceladas de los conceptos que debería tener la formación para este colectivo.^[39]

Tras lo expuesto anteriormente, podríamos tener argumentos sólidos para añadir la ecografía como una competencia más de la práctica de enfermería avanzada. Después de ver tanto la definición de EPA que el propio Consejo Internacional de Enfermería estableció, como la posición al respecto, de los diferentes organismos tanto nacionales como internacionales. Todos ellos, además, pertenecientes al ámbito de las urgencias y emergencias, reconocen e incluyen en sus recomendaciones que la ecografía sea parte de la formación avanzada del personal de enfermería.

5.2.2 Ecografía como herramienta en la práctica diaria de enfermería.

Como ya se ha comentado anteriormente, los profesionales de enfermería ya usan los ultrasonidos en su día a día, es cierto que en ámbitos muy concretos y no de forma generalizada. Aun así, hay estudios publicados que abren el abanico de usos de esta tecnología en su práctica diaria. Ejemplos de esto, son la revisión de Varndell, W. et al^[40] que analizó desde 2004 hasta 2018 estudios que trataban sobre el uso de la ecografía por enfermeros y enfermeras. Los campos documentados en los que se realizan estudios ecográficos por este grupo profesional son muy amplios. Además, la ecografía adquirió una gran importancia recientemente como apoyo y como método de protección en las tareas del día a día de enfermería durante la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2^[41]. Tareas tan sencillas para estos profesionales de la salud como palpar el trayecto de una vena, el pulso de una arteria, la comprobación auditiva de la correcta colocación de una sonda nasogástrica o evaluar la efectividad de la terapia postural, llegaron a ser muy complejos de evaluar y en muchos casos peligrosos por su alta capacidad de contagio. Ejemplos del uso de la ecografía en el día a día por enfermería son:

Canalización de catéteres venosos. Hasta un 11% de los pacientes que acuden a servicios de urgencias presentan acceso venoso difícil, aspecto importante ya que son susceptibles de repetidos intentos de punción fallidos. Esto merma la calidad asistencial e influye negativamente en los pacientes ya que el diagnóstico y tratamiento se retrasa. No podemos olvidar la incomodidad y malestar que esto provoca en los pacientes. Se ha visto que las probabilidades de éxito en el primer intento pueden aumentar hasta el 84,2% en pacientes de este tipo.

Comprobación de colocación de sonda nasogástrica. Enfoque novedoso en una tarea muy común por parte de las enfermeras. Hallazgos iniciales sugieren que el uso de la ecografía para este fin puede ser superior a los métodos tradicionales (aspirado gástrico con test de pH, insuflación aérea y radiación). Este punto podría ser de gran interés por la potencial reducción de la exposición a radiación de los pacientes.

Comprobación de la correcta colocación del tubo endotraqueal. También se está trabajando en este sentido con pacientes críticos. Con el uso de la ecografía transesofágica se podrían confirmar el emplazamiento correcto con una sensibilidad del 98,7% y una especificidad del 97,1% en 30 segundos.

Detección de líquido libre. Mediante protocolo FAST también se ha estudiado la capacidad de enfermería para poder realizar ecografías en pacientes con trauma abdominal. La sensibilidad y especificidad ronda el 95% y 91,3% respectivamente. La inclusión de pacientes con anomalías patológicas mejora la habilidad para discernir entre hallazgos positivos y negativos y aumentar la precisión en la detección de patología.

Detección de cuerpos extraños y lesiones musculoesqueléticas. Nueva aplicación que está demostrando tasas de sensibilidad y especificidad 78,3% y 50% respectivamente. En lo que respecta a lesiones musculoesqueléticas, se ha examinado la capacidad para detectar fracturas óseas en modelos experimentales con una sensibilidad del 98% y especificidad del 93%.

5.2.3 Ecografía pulmonar realizada por enfermeras.

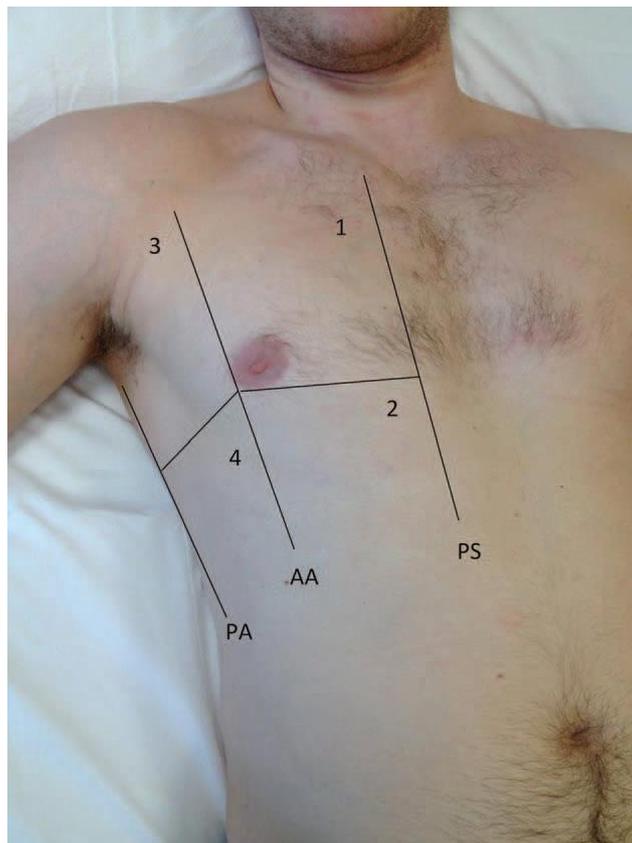
La capacidad y habilidad de las enfermeras para realizar e identificar las estructuras torácicas, en concreto pulmonares ha sido estudiado recientemente. Con una combinación de formación teórica y práctica, aunque sin estandarizar ni consensuar por el momento, los resultados parecen ser prometedores.

Mumoli, N.^[3] llevó a cabo un estudio prospectivo con el que concluyó de forma positiva la capacidad del personal de enfermería para realizar e interpretar ecografías pulmonares. En concreto 5 enfermeras del servicio de medicina interna del hospital de Livorno fueron instruidas durante 4 semanas en 8 horas de lecturas didácticas seguidas de 20 horas de prácticas en modelos vivos y 4 horas en revisiones de imágenes de ecografías torácicas. El criterio para identificar líquido extravascular pulmonar fue el acorde con las recomendaciones internacionales basadas en la evidencia, ya comentado al principio del presente trabajo. Una vez localizada la línea pleural, las operadoras buscaron los artefactos pulmonares. Por un lado, líneas A y por otro líneas B. En este caso lo que pretendían encontrar es el llamado patrón B definido como presencia de múltiples líneas B difusas bilaterales. Se considera una región como positiva cuando encontramos 3 o más líneas B en el plano longitudinal entre dos costillas. También se proponen las 8 regiones básicas del tórax donde se debe realizar el estudio ecográfico. Se puede afirmar que es positivo cuando se observa patrón B en 2 o más áreas bilaterales. Todas estas determinaciones eran confirmadas por 2 facultativos externos. Los resultados arrojaron una

sensibilidad del 95,3% y una especificidad del 88,2% comparadas con los facultativos de referencia.

En 2019 se publicó una revisión sistemática llevada a cabo por Swamy, V. et al^[42], en la que se sugiere que es factible la formación del personal no médico (enfermería, paramédicos y estudiantes de medicina) en ecografía pulmonar. En concreto, las enfermeras fueron capaces de identificar líneas B y presencia de derrame pleural. Aunque, los pacientes estudiados presentaban patología cardíaca, en concreto insuficiencia cardíaca, nos sirve para aumentar la base de datos respecto a la capacitación en este campo. También se encontraron resultados en los que enfermería realizaba e interpretaba ecografías de la vena cava inferior con una concordancia moderada a buena con expertos. Dato a tener en cuenta en el contexto de la detección de ED con la presencia de burbujas de gas en el torrente sanguíneo. Por otro lado, se ha identificado una potencial reducción de los ingresos y mejora de la calidad de vida, en pacientes que acuden a las consultas de cardiología, en las que las enfermeras realizan las ecografías. Otro aspecto valorado ha sido la posibilidad de que enfermería pueda realizar ecografías pulmonares en entornos austeros o con recursos muy limitados en los que los

Figura 15. Áreas torácicas propuestas para estudio ecográfico del pulmón.



Fuente. Extraído de ^[3]

tiempos de transporte o evacuación pueden requerir que el manejo del paciente se pueda iniciar en el ámbito prehospitalario. Es cierto que uno de los factores que influyen en la sensibilidad de la ecografía tiene que ver con el operador que la realiza. Cuando es realizada por intensivistas o radiólogos la detección del edema pulmonar es más efectiva y precisa. Sin embargo, en varios

Como ya se ha visto, el uso de los ultrasonidos no es desconocido para el personal de enfermería. Ya se utiliza en varios ámbitos de la práctica clínica. En lo que respecta a la detección precoz de patología aguda producida por buceo, se necesitarían más estudios que analicen la capacidad del personal de enfermería para identificar los hallazgos antes estudiados, en la población concreta de buceadores y apneístas. Es cierto, que en otras poblaciones de estudio sí que se han encontrado resultados positivos. La detección de indicios de EPI y neumotórax está claramente descrita e incluso, en los trabajos analizados, queda propuesto el protocolo de formación empleado. En la detección de ED, la situación es más desconocida ya que no se han podido encontrar trabajos en los que enfermería haga ese uso de la ecografía. Sin embargo, el procedimiento queda descrito y las tablas para poder graduar la cantidad de burbujas de gas también. Es un campo que queda pendiente de exploración.

5.3 Entornos en los que se realizaría

La ecografía torácica es una técnica de imagen no invasiva, sencilla, de bajo coste que brinda la posibilidad de detectar la etiología subyacente de la insuficiencia respiratoria aguda y las lesiones torácicas traumáticas. Con el avance de la tecnología, los aparatos de ecografía han sido reducidos a dispositivos portátiles que incluso caben en un bolsillo. Ahora es posible realizarla en entornos austeros, remotos y con muy pocos recursos, tanto materiales como personales^[5]. De los estudios analizados podemos destacar dos de ellos, en los que precisamente el uso de la ecografía se realiza en lugares inusuales. En el trabajo de Francesca^[27] en una embarcación y en el estudio de Cialoni^[30] en el avión de vuelta al lugar de origen. Zonas de conflictos militares^[6], lugares en los que han ocurrido desastres naturales^{[43][44]} o incluso localizaciones donde se practican deportes extremos^[13] son algunos de los ejemplos donde su uso podría ser útil.

5.4 Limitaciones

Durante todo el proceso de búsqueda y elaboración del presente trabajo se han encontrado limitantes. En primer lugar, el impedimento de obtener todos los resultados en una sola búsqueda. Para poder cubrir todos los objetivos planteados se tuvo que dividir la pesquisa en dos partes. En segundo lugar, no se encontraron estudios que relacionaran la ecografía realizada por enfermería en población que practique buceo. Esto se mitigó con referencias que

sí que muestran este mismo procedimiento realizado por enfermeras, pero en otros ámbitos. Faltaría comprobar con futuros estudios la correlación positiva. La antigüedad de los trabajos también ha sido un limitante, ha sido necesario seleccionar estudios desde 2008 para poder obtener una buena base. Por último, el tipo de estudios seleccionados para su análisis solo ha sido del tipo prospectivo pre y post sin grupo control y reporte de casos. Posiblemente se ha dado esta situación debido a las propias características del objeto a estudiar, ya que es necesario que todos los sujetos reciban la intervención (buceo).

6 CONCLUSIONES

Tras analizar toda la información extraída y plasmada en el presente estudio, podríamos sacar las siguientes conclusiones:

Hay estudios que validan el uso de la ecografía para la detección del edema pulmonar de inmersión, la enfermedad descompresiva y el neumotórax. Todas estas afecciones se pueden presentar durante o después de la práctica del buceo. Incluso se ha comprobado que la ecografía torácica es igual o incluso más sensible y específica que la radiografía de tórax, técnica usada habitualmente para detección de estas patologías.

El personal de enfermería ya utiliza la ecografía en su práctica diaria. Dependiendo de los estudios consultados, los ámbitos son variables. Éstos van desde canalización de catéteres venosos, comprobación de globo vesical, ayuda en el sondaje vesical, detección de líquido libre en el paciente trauma grave, comprobación de la correcta colocación del tubo endotraqueal o sonda nasogástrica hasta detección de cuerpos extraños.

Diversos estudios ya han comprobado la capacidad de enfermería para la realización de ecografía torácica y detección de los hallazgos patológicos relacionados con la patología producida por el buceo. Es cierto que todavía no se han encontrado estudios en este grupo de población en concreto, pero sí en otros grupos. Aunque no hay un plan de formación estandarizado ni un protocolo establecido, sí que se ha especificado el plan docente empleado en algunos casos. Serían necesarios futuros estudios con buceadores y otros trabajos en los que se intente armonizar las diferentes formaciones para crear un contenido mínimo común.

Las ventajas que aportan los avances tecnológicos en los dispositivos de ecografía permiten que estén presentes en casi cualquier lugar. En muchas ocasiones, el personal de enfermería se encuentra en entornos austeros, de difícil acceso, con problemas para el reabastecimiento logístico y sin personal médico con el que poder trabajar. El disponer de un

ecógrafo portátil puede ayudar en la detección y correcto abordaje del paciente incluso en el lugar de la lesión.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Simon J. Mitchell MB, ChB, PhD, Michael H. Bennett MB, BS, MD, Richard E. Moon MD. Decompression sickness and arterial gas embolism. *N Engl J Med* 2022;386(13):1254-64.
2. Amaya Gómez A, Rojas Velasco G, Velasco Salas N de M, Carrillo Rodríguez AE, Álvarez Álvarez RJ, Ramos Enríquez Á. Ultrasonido pulmonar en Medicina, su utilidad en la práctica clínica. *Revista de la Facultad de Medicina* 2020;63(2):36-45.
3. Mumoli N, Vitale J, Giorgi-Pierfranceschi M, Cresci A, Cei M, Basile V, et al. Accuracy of nurse-performed lung ultrasound in patients with acute dyspnea: A prospective observational study. *Medicine (United States)* 2016;95(9).
4. Quick JA, Uhlich RM, Ahmad S, Barnes SL, Coughenour JP. In-flight ultrasound identification of pneumothorax. *Emerg Radiol* 2016;23(1):3-7.
5. Canepa CA, Harris NS. Ultrasound in Austere Environments. *High Alt Med Biol* 2019;20(2):103-11.
6. Madill JJ. In-flight thoracic ultrasound detection of pneumothorax in combat. *Journal of Emergency Medicine* 2010;39(2):194-7.
7. Goffi A, Kruisselbrink R, Volpicelli G. The sound of air: point-of-care lung ultrasound in perioperative medicine. *Canadian Journal of Anesthesia* 2018;65(4):399-416.
8. Principios Básicos de Ultrasonido en la Urgencia – MonKeyEM [Internet]. 2020 [citado 2023 jun 1]; Available from: <https://monkeyem.com/2017/10/03/principios-basicos-de-ultrasonido-en-la-urgencia/>
9. Gauthrope I. 21_US IN DIVING AND HYPERBARIC MEDICINE. *Diving Hyperb Med* 2012;42(1):36-9.
10. Singh S, Kaur H, Singh S, Khawaja I. Basic Insights of Lung Ultrasonography in Critical Care Setting. *Cureus* 2018;
11. Urriola Pérez F. Lung — Ultra Sono [Internet]. [citado 2023 may 28]; Available from: <https://ultra-sono.com/lung>
12. Conceptos Básicos de Ultrasonido Pulmonar. Parte I: Generalidades y Pulmón Normal. – MonKeyEM [Internet]. [citado 2023 may 30]; Available from: <https://monkeyem.com/2020/07/31/conceptos-basicos-de-ultrasonido-pulmonar-parte-i-generalidades-y-pulmon-normal/>

13. Feletti F, Mucci V, Aliverti A. Chest Ultrasonography in Modern Day Extreme Settings: From Military Setting and Natural Disasters to Space Flights and Extreme Sports. *Can Respir J*2018;2018.
14. Yousefifard M, Baikpour M, Ghelichkhani P, Asady H, Nia KS, Jafari AM, et al. Screening Performance Characteristic of Ultrasonography and Radiography in Detection of Pleural Effusion; a Meta-Analysis [Internet]. 2016. Available from: www.jemerg.com
15. Wimalasena Y, Windsor J, Edsell M. Using ultrasound lung comets in the diagnosis of high altitude pulmonary Edema: Fact or fiction? *Wilderness Environ Med*2013;24(2):159-64.
16. Ljubkovic M, Gaustad SE, Marinovic J, Obad A, Ivancev V, Bilopavlovic N, et al. Ultrasonic evidence of acute interstitial lung edema after SCUBA diving is resolved within 2-3 h. *Respir Physiol Neurobiol* 2010;171(2):165-70.
17. Lambrechts K, Germonpré P, Charbel B, Cialoni D, Musimu P, Sponsiello N, et al. Ultrasound lung «comets» increase after breath-hold diving. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(4):707-13.
18. Tello-Montoliu A, Martínez-Villar M, Pujante-Escudero A, Martín-Martín S, De-la-Morena-Valenzuela G, Olea-González A. *Revista de Sanidad de las Fuerzas Armadas de España*. Volumen 77, número 3. Julio-septiembre 2021. *Sanid mil* 2021;77(3):1887-8571.
19. Castagna O, Regnard J, Gempp E, Louge P, Brocq FX, Schmid B, et al. The Key Roles of Negative Pressure Breathing and Exercise in the Development of Interstitial Pulmonary Edema in Professional Male SCUBA Divers. *Sports Med Open* 2018;4(1).
20. Alonso JV, Chowdhury M, Borakati R, Gankande U. Swimming-induced pulmonary oedema an uncommon condition diagnosed with POCUS ultrasound. *American Journal of Emergency Medicine* 2017;35(12):1986.e3-1986.e4.
21. United States Navy. *U.S. Navy Diving Manual*. 2016.
22. 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. *The BMJ* 2021;372.
23. Revisión A DE, Luis PARDAL-REFOYO J, Pardal-peláez B. Anotaciones para estructurar una revisión sistemática = Annotations to structure a systematic review. 2020;Available from: <https://doi.org/10.14201/orl.22882>

24. Fernández-Altuna M de los Á, Martínez del Prado A, Arriarán Rodríguez E, Gutiérrez Rayón D, Toriz Castillo HA, Lifshitz Guinzberg A. Uso de los MeSH: una guía práctica. *Investigación en Educación Médica* 2016;5(20):220-9.
25. National Heart, Lung, and Blood Institute, (NHLBI). Study Quality Assessment Tools [Internet]. 2021 [citado 2023 may 24]; Available from: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
26. Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, et al. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk [Internet]. En: *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI; 2020. Available from: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/4687372/Chapter+7%3A+Systematic+reviews+of+etiology+and+risk>
27. Frassi F, Pingitore A, Cialoni D, Picano E. Chest Sonography Detects Lung Water Accumulation in Healthy Elite Apnea Divers. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2008;21(10):1150-5.
28. Boussuges A, Coulange M, Bessereau J, Gargne O, Ayme K, Gavarry O, et al. Ultrasound lung comets induced by repeated breath-hold diving, a study in underwater fishermen. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21(6).
29. Boussuges A, Ayme K, Chaumet G, Albier E, Borgnetta M, Gavarry O. Observational study of potential risk factors of immersion pulmonary edema in healthy divers: exercise intensity is the main contributor. *Sports Med Open* 2017;3(1).
30. Cialoni D, Pieri M, Balestra C, Marroni A. Flying after diving: In-flight echocardiography after a scuba diving week. *Aviat Space Environ Med* 2014;85(10):993-8.
31. Yanagawa Y, Takeuchi I, Ishiyama J. Ultrasound in the diagnosis of acute-phase decompression sickness. *Radiol Case Rep* 2021;16(3):698-700.
32. Ohsaka H, Jitsuiki K, Takeuchi I, Yoshizawa T, Omori K, Ishikawa K, et al. Ultrasound for diagnosing inner ear decompression sickness. *Sch J Med Case Rep* [Internet] 2016;4(8):605-6. Available from: <http://saspjournals.com/sjmcr>
33. Griffiths E. Helicopter emergency medical services use of thoracic point of care ultrasound for pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2021;29(1).

34. Ian C Gawthrope. Ultrasound in diving and hyperbaric medicine. *Diving Hyperb Med* 2012;42(1):36-9.
35. Møllerløkken A, Blogg SL, Doolette DJ, Nishi RY, Pollock NW. Consensus guidelines for the use of ultrasound for diving research. *Diving Hyperb Med* 2016;1:26-32.
36. CONSEJO INTERNACIONAL DE ENFERMERAS. Directrices de Enfermería de Práctica Avanzada 2020. 2020 [citado 2023 jun 1]; Available from: https://www.icn.ch/sites/default/files/inline-files/PR_17_Advanced%20Practice%20guidelines%20-%20SP.pdf
37. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ENFERMERÍA DE URGENCIAS Y EMERGENCIAS. PERFIL PROFESIONAL PARA ENFERMERÍA CLÍNICA AVANZADA EN URGENCIAS Y EMERGENCIAS [Internet]. 2020 [citado 2023 jun 1]. Available from: http://www.enfermeriadeurgencias.com/images/archivos/perfil_profesional.pdf
38. Villén Villegas T, Campo Linares R, Ramón Alonso Viladot J, Martínez Mas R, José Luque Hernández M, Ruiz Durán M, et al. Competencias básicas de la ecografía clínica en los servicios de urgencias y emergencias. 2022.
39. American College Of Emergency Physicians. POLICY STATEMENT Ultrasound Guidelines: Emergency, Point-of-care, and Clinical Ultrasound Guidelines in Medicine. 2016.
40. Varndell W, Topacio M, Hagness C, Lemon H, Tracy D. Nurse-performed focused ultrasound in the emergency department: A systematic review. *Australas Emerg Care* 2018;21(4):121-30.
41. Cao L, Zhang L, Wang X. Ultrasound applications to support nursing care in critically ill COVID-19 patients. *Intensive Crit Care Nurs* 2020;61.
42. Swamy V, Brainin P, Biering-Sørensen T, Platz E. Ability of non-physicians to perform and interpret lung ultrasound: A systematic review. *European Journal of Cardiovascular Nursing* 2019;18(6):474-83.
43. Shorter M, Maclas DJ. Portable handheld ultrasound in austere environments: Use in the Haiti disaster. *Prehosp Disaster Med* 2012;27(2):172-7.
44. Gharahbaghian L, Anderson KL, Lobo V, Huang RW, Poffenberger CMC, Nguyen PD. Point-of-Care Ultrasound in Austere Environments: A Complete Review of Its Utilization, Pitfalls, and Technique for Common Applications in Austere Settings. *Emerg Med Clin North Am* 2017;35(2):409-41.

8 ANEXOS

Anexo 1. Evaluación de la calidad de los estudios pre y post sin grupo control que propone el NHLBI

Criterios	Estudios pre-post sin grupo control									
	Ljubkovic	Lambrechts,	Boussuges 2011	Francesca	Boussuges 2017	Dujik	Cialoni	Tello	Quick	Mumoly
¿La pregunta del estudio fue objetiva/clara?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Se preespecificaron y describieron claramente los criterios de elegibilidad/selección de la población del estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Eran los participantes en el estudio representativos de los que podrían optar a la prueba/servicio/intervención en la población general o clínica de interés?	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
¿Fue el tamaño de la muestra lo suficientemente grande como para ofrecer confianza en los resultados?	NO	NO	NO	NO	NOS	NO	NO	NO	NO	NO
¿Se describió claramente la prueba/servicio/intervención y se aplicó de forma coherente en toda la población del estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Fueron las medidas de resultado preespecificadas, claramente definidas, válidas, fiables y evaluadas de forma coherente en todos los participantes del estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Las personas que evaluaron los resultados no conocían las exposiciones/intervenciones de los participantes?	NO ESPECIFICA	SI	SI	SI	SI	NO ESPECIFICA	NO ESPECIFICA	NO ESPECIFICA	SI	SI
¿La pérdida de seguimiento tras el inicio del estudio fue del 20% o menos? ¿Se tuvo en cuenta en el análisis a las personas perdidas durante el seguimiento?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Los métodos estadísticos examinaron los cambios en las medidas de resultado de antes a después de la intervención? ¿Se realizaron pruebas estadísticas que proporcionaran valores p para los cambios entre antes y después?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

¿Se tomaron las medidas de resultado de interés varias veces antes de la intervención y varias veces después de la intervención (es decir, se utilizó un diseño de series temporales interrumpidas)?	SI									
Si la intervención se llevó a cabo a nivel de grupo (por ejemplo, todo un hospital, una comunidad, etc.), ¿tuvo en cuenta el análisis estadístico el uso de datos a nivel individual para determinar los efectos a nivel de grupo?	NO APLICABLE									

ANEXO 2. Tabla de comprobación para reporte de casos propuesta por el JBI

Criterios	Estudios reportes de casos								
	Youchi	Yanagawa	Alonso						
¿Se describieron claramente las características demográficas?	SI	SI	NO						
¿Se describió claramente la historia del paciente y se presentó en forma de cronología?	NO	NO	NO						
¿Se describió claramente el estado clínico del paciente?	SI	SI	SI						
¿Se describieron claramente las pruebas diagnósticas o los métodos de estudio y los resultados?	SI	SI	SI						
¿Se describieron claramente la(s) intervención(es) o el(los) procedimiento(s) de tratamiento?	SI	SI	SI						
¿El estado clínico tras la intervención era claramente descrito?	SI	SI	SI						
¿Se identificaron y describieron los acontecimientos adversos (daños) o imprevistos?	SI	SI	SI						
¿Ofrece el informe lecciones para llevar a la práctica?	SI	SI	SI						