

RECIBIDO:  
13 diciembre 2024  
APROBADO:  
29 agosto 2025

# Revisión narrativa sobre la eficacia de los nuevos dispositivos comerciales para el cribado domiciliario de apnea obstructiva del sueño

*Narrative Review on the Efficacy of Novel Commercial Devices for Home-Based Screening of Obstructive Sleep Apnea*

Aldo Mateo Torracchi Carrasco  
<https://orcid.org/0000-0002-9213-8597>

Aldo Mateo Torracchi Carrasco 

Universidad del Azuay, Facultad de Medicina, Cuenca, Ecuador.

AUTOR CORRESPONSAL:

Aldo Mateo Torracchi Carrasco, [aldomateo@uazuay.edu.ec](mailto:aldomateo@uazuay.edu.ec)

## Resumen

La apnea obstructiva del sueño (AOS) es la enfermedad respiratoria crónica con mayor prevalencia mundial. Según algunas series, afecta al 25% de la población mundial y su presentación varía en función del grupo etario, el sexo, el estado nutricional, la etnia, etc. A pesar de su frecuencia y del impacto implícito de esta enfermedad sobre la salud general, persiste ampliamente subdiagnosticada. Por consenso general, se acepta que la polisomnografía (PSG) es el patrón oro para el diagnóstico y estadificación de la AOS; sin embargo, este método es costoso, complejo y poco asequible.

En este contexto, surgen las nuevas tecnologías que integran sensores multimodales con aceptable capacidad para monitorización ambulatoria del ritmo circadiano, la actividad física y la estructura del sueño, entre otros parámetros. Su utilización es cada vez más extensa y prometen convertirse en herramientas innovadoras, capaces de optimizar el cribado a gran escala de AOS y de otros trastornos del sueño. Algunos dispositivos como los relojes, anillos y teléfonos inteligentes han sido ampliamente estudiados y se muestran útiles para el tamizaje, muchos de ellos con una sensibilidad (Se) del 90% y especificidad (Es) del 80%.

Pese al avance implícito en el desarrollo de las nuevas tecnologías en salud, hay que considerar que la capacidad de estos equipos varía según cada dispositivo y las poblaciones estudiadas. Mucha de esta tecnología emergente no cuenta con ningún tipo de validación externa o, en su defecto, requiere de mayores estudios; por lo tanto, es fundamental que su uso sea regulado.

**Palabras claves:** apnea obstructiva de sueño, nuevas tecnologías, dispositivos vestibles, cribado domiciliario.

## Abstract

Obstructive sleep apnea (OSA) is the most prevalent chronic respiratory disease worldwide. According to some studies, it may affect up to 25% of the global population, with its presentation varying based on age group, sex, nutritional status, ethnicity and other factors. Despite its high prevalence and the significant impact it has on overall health, OSA remains largely underdiagnosed. By general consensus, polysomnography (PSG)

is considered the gold standard for the diagnosis and staging of OSA. However, this method is costly, complex and not widely accessible.

In this context, new technologies integrating multimodal sensors capable of ambulatory monitoring circadian rhythm, physical activity and sleep structure, among other parameters, are emerging. Their use is increasingly widespread, promising to become innovative tools for large-scale OSA screening and other sleep disorders. Devices such as smartwatches, rings and smartphones have been extensively studied and have demonstrated acceptable capability when compared to PSG, with many achieving a sensitivity (Se) close to 90% and specificity (Sp) of 80%.

Despite the advancements implied by the development of these new health technologies, it is important to consider that the capability of these devices varies depending on the specific equipment and the populations studied. Much of this widely available emerging technology lacks external validation or requires further studies; therefore, it is crucial that its use is regulated by governmental institutions, healthcare services, or other independent organizations.

**Keywords:** obstructive sleep apnea, new technologies, wearable devices, home-based screening.

## Introducción

La apnea obstructiva del sueño (AOS) es una entidad nosológica extremadamente frecuente que afecta aproximadamente a mil millones de personas alrededor del mundo.<sup>1</sup> Dependiendo de cómo definamos la enfermedad, su frecuencia de presentación puede variar, pero en general se asume que cerca del 25% de la población adulta de Estados Unidos presenta algún grado de esta condición.<sup>2</sup> En España, se ha descrito una prevalencia entre el 26 y el 28% de personas que presentan AOS, definido con un índice apnea hipopnea (IAH) mayor a 5 eventos por hora.<sup>3</sup> Es muy importante puntualizar que la frecuencia de la enfermedad varía ampliamente dentro de las diferentes poblaciones estudiadas y que depende del punto de corte en términos de IAH con el que se defina la enfermedad; en general, la prevalencia global en adultos varía entre 6 y el 17%, y aumenta hasta 49% en ancianos.<sup>4</sup> La fisiopatología de la AOS se explica por un colapso repetido y frecuente de la vía aérea superior durante el sueño. Este colapso podría ser total, lo que se define como apnea, o parcial, llamado hipopnea.<sup>5</sup> Si bien su fisiopatología no está completamente explicada, queda claro que la mayoría de las personas con AOS presentan una vía aérea superior (VAS) anormalmente estrecha, con depósitos patológicos de grasa en la región faríngea y parafaríngea, además de anomalías estructurales craneofaciales, como micrognatia o macroglosia.<sup>6</sup> El episodio de cese de la respiración ocurrirá cuando se rompa el equilibrio, producto de los factores que tienden a colapsar la luz de la VAS frente a la capacidad de los músculos dilatadores de la faringe y de los centros respiratorios; como consecuencia, la persona sufre de episodios de hipoxemia y reoxigenación. El equilibrio fisiológico se recupera cuando la persona presenta un microdespertar “aurosal” y normaliza el tono de la VAS.<sup>7</sup>

Existen factores de riesgo individuales bien identificados para la AOS que aumentan significativamente la probabilidad de presentar esta condición. Los de mayor ponderación estadística son: condiciones anatómicas tales como micrognatia o macroglosia (OR=8,7), la edad (OR=4,5), un perímetro de cuello mayor a 40 cm (OR=4,12), un índice de masa corporal mayor a 25 kg/m<sup>2</sup> (OR = 3,5), tabaquismo (OR=2,5), el sexo masculino (OR = 2,1), alcoholismo (OR=1,33), uso de sedantes, entre otros.<sup>8,9,10,11</sup> Desde el punto de vista clínico, la AOS tiene un componente nocturno, que se presenta en las distintas fases del sueño, y está caracterizado por: ronquidos excesivos, pausas respiratorias (descritas por un acompañante), sensación de ahogo o jadeo nocturno, despertares asfícticos, sudores nocturnos, insomnio de mantenimiento, nicturia y movimientos corporales excesivos. Además, tiene un componente diurno caracterizado por hipersomnolencia, deterioro neurocognitivo, trastornos del carácter, disminución de la libido y cefalea matutina.<sup>12</sup>

El impacto de la AOS en el entorno del paciente puede ser devastador, pues se asocia con un importante deterioro en su calidad de vida; afecta su esfera neurocognitiva, afectiva, laboral, académica y sexual. También se asocia con una mayor mortalidad global, mayor riesgo cardiovascular, aumento significativo de enfermedades metabólicas, ansiedad, depresión, accidentes de tráfico, etc.<sup>13</sup> El impacto económico de la AOS, tanto para el individuo como para su entorno, la sociedad y el Estado en general, ha sido bien ponderado y documentado. También se ha establecido que un diagnóstico y tratamiento adecuado es una estrategia costo-efectiva y deseable.<sup>14</sup>

Cuando existen suficientes evidencias clínicas y epidemiológicas, es necesario establecer un diagnóstico. En principio, se debe aplicar herramientas de tamizaje que justifiquen la realización de exámenes paraclínicos más complejos. Quizá las herramientas más estudiadas, validadas y aplicadas a nivel mundial son: el cuestionario STOP-BANG,<sup>15</sup> el cuestionario de Berlín<sup>16</sup> y el test de hipersomnolencia de Epworth;<sup>17</sup> la mayor ventaja de estos cuestionarios es su sencillez, facilidad de aplicación y validación en numerosos estudios realizados en distintos contextos. Si uno o varios de los distintos cuestionarios resultase positivo y/o existiese una alta sospecha clínica, es fundamental confirmar el diagnóstico y establecer la magnitud de la enfermedad; es importante resaltar que la combinación de cuestionario STOP-BANG con el Epworth mejora la Se y Es de las herramientas. No existe controversia alguna entre las distintas comunidades científicas respecto a que la PSG es el "Gold estándar" para el diagnóstico de los trastornos respiratorios del sueño (TRS);<sup>18</sup> sin embargo, es una prueba relativamente compleja, poco accesible y costosa. Actualmente, se puede afirmar con suficiente nivel de evidencia que la poligrafía domiciliaria, así como otros dispositivos de diagnóstico simplificados, tienen una Se y Es similar a la PSG en el diagnóstico de los TRS en pacientes seleccionados;<sup>19,20</sup> además de contar con la ventaja adicional de ser más cómoda para los pacientes ya que se encuentran en su entorno habitual. La severidad de la AOS, tanto en la poligrafía como en la PSG, se cuantifica utilizando el índice de apnea-hipopnea (IAH). Un IAH menor de 5 eventos por hora se considera normal; de 5 a 14,9, leve; de 15 a 29,9, moderado; y más de 30 se considera AOS grave. Para ponderar la gravedad de la AOS es importante considerar también otros parámetros como el CT90, IMC, resultados de Epworth u otra escala de somnolencia y los factores de riesgo cardiovascular.<sup>21</sup>

El tratamiento de la AOS implica cambios en el estilo de vida que incluyen ejercicio, pérdida de peso, evitar el alcohol y los sedantes, mecanismos para evitar dormir en decúbito supino, y el uso de equipos médicos como dispositivos de presión positiva en la vía aérea (PAP) o dispositivos de reposicionamiento mandibular. También existen tratamientos quirúrgicos como la uvulopalatoplastia, el avance mandibular, la traqueostomía y la estimulación del nervio hipogloso; y se han aprobado tratamientos farmacológicos con la Tirzepatide.<sup>22</sup>

A pesar de los avances en la visibilización, diagnóstico y tratamiento de la AOS, esta enfermedad continúa estando significativamente infradiagnosticada. Se estima que aproximadamente el 90% de los casos de AOS moderados y severos, a pesar de presentar síntomas, no son identificados. En este contexto, es evidente que se deben implementar estrategias modernas de tamizaje que ayuden a identificar la enfermedad.<sup>23</sup>

En la última década, con el advenimiento de las nuevas tecnologías, se ha presenciado una transformación significativa que abarca todas las aristas del campo de la medicina. Términos como e-health, ecosistema de salud, Big Data, LLM (Large Language Model), inteligencia artificial, etc., se han convertido en parte del lenguaje habitual en el argot médico. La aplicación de estas nuevas tecnologías en el campo de los TRS no ha sido la excepción ya que actualmente nos encontramos con una gran cantidad de dispositivos vestibles ("wearables"), aplicaciones de teléfonos inteligentes, sensores de cama, frazadas inteligentes, e-almohadas, etc., que prometen visibilizar los hábitos del sueño de cada usuario y probablemente revolucionen el diagnóstico y el tratamiento de la AOS.<sup>24</sup>

En resumen, la AOS es la enfermedad respiratoria crónica más frecuente a nivel mundial. Se sabe que su presencia se relaciona con un importante deterioro en la salud y el bienestar del in-

dividuo. También, se acepta que está ampliamente infradiagnosticada, en parte por la dificultad en reconocer los síntomas, pero también por la dificultad para acceder a los métodos diagnósticos validados. En este escenario, surgen las nuevas tecnologías en salud que, por su accesibilidad, costo y facilidad de uso, ofrecen una esperanza para mejorar el tamizaje, diagnóstico y el tratamiento de esta condición. Muchas de ellas son de uso comercial y no tienen restricciones, por lo que es prioritario definir su calidad y precisión en términos técnicos.

El principal objetivo de este trabajo es revisar las características, eficacia y limitaciones de los nuevos dispositivos en el tamizaje de la AOS, y evaluar su potencial para integrarse en la práctica clínica habitual.

## Metodología y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda estructurada en inglés y español, utilizando las siguientes palabras clave: apnea obstructiva del sueño, nuevas tecnologías, inteligencia artificial, dispositivos vestibles, sensores, móviles. Las bases de datos consultadas fueron: PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, JSTOR, y ScienceDirect. Además, se emplearon plataformas de investigación impulsadas por inteligencia artificial como Research Rabbit, Evidence Hunt y Connected Papers, para optimizar la búsqueda de información.

## Tipos de dispositivos

Actualmente, existe una gran cantidad de herramientas tecnológicas desarrolladas para la monitorización de parámetros de salud que ofrecen funciones específicas para el tamizaje de la AOS. Esta revisión se centra en los dispositivos vestibles de uso comercial, entre los cuales se incluyen relojes inteligentes, anillos inteligentes, sensores específicos para AOS y aplicaciones móviles. En la tabla 1 se resumen las características de los principales dispositivos vestibles utilizados para el tamizaje de la AOS, que se analizan en este documento. (Tabla 1)

**Tabla 1**

Principales dispositivos vestibles utilizados para el cribado de apnea de sueño.

Categoría	Descripción	Ventajas	Desventajas	Ejemplos
Relojes inteligentes	Dispositivos de uso diario con sensores incorporados, que monitorizan parámetros fisiológicos en tiempo real y 24 h	Multiparámetros Disponibles Asequibles Ergonómicos y funcionales Se: 86% y Es: 86%	Precisión variable Múltiples equipos en el mercado con prestaciones y calidades dispares	Galaxy Watch OPPO Watch Fitbit Sense SomnNET Garmin Fenix Apple Watch
Anillos inteligentes	Dispositivos de uso diario con sensores incorporados, que monitorizan parámetros fisiológicos en tiempo real y 24 h	Multiparámetros Ergonómicos y funcionales Se: 94% y Es: 74%	Precisión variable Múltiples equipos en el mercado con prestaciones y calidades dispares Menos validados con menos funciones y peor interfaz que los relojes	Oura Ring Happy Ring Sleep Imagen Ring
Sensores de cama, almohadas y colchón	Sensores ubicados en el colchón, almohada o sábanas. Miden los movimientos respiratorios y otros parámetros fisiológicos	Uso doméstico No intrusivos, prácticos y cómodos Se: 87% y Es: 88%	Precisión variable No todos los dispositivos están validados Registro nocturno	Withings Sleep Analyzer EarlySense Mijia Smart Pillow Beddit Sleep Monitor

Categoría	Descripción	Ventajas	Desventajas	Ejemplos
Aplicaciones de teléfonos inteligentes	Utilizan aplicaciones que analizan el audio a través de algoritmos en los teléfonos	Accesibles Fácil uso Bajo costo Se: 97% y Es: 77%	Precisión variable Consumen batería Dependiente de la calidad del equipo	SnoreLab Sleep as Android Sleep Cycle MotionX 24/7
Sensores de contacto	Dispositivos específicos que se colocan en la superficie corporal	Útiles en apneas obstructiva Asequibles Se: 90% y Es: 88%	Precisión variable Intrusivos e incómodos aunque no invasivos Registro nocturno	SeepStripTM VitalPatch
Sensores ultrasónicos y de radiofrecuencia	Graban y analizan cambios en las ondas acústicas y/o vibración durante el sueño	Disponibilidad limitada Costos asequibles Se: 97% y Es: 77%	Precisión variable Sin ventajas sobre los teléfonos Registro nocturno	ResMed S+ SleepScore Max
Actígrafos	Monitorean el movimiento para interpretar patrones de sueño y vigilia	No invasivo Asequible Fácil de usar Se: 80% y Es: 90%	Precisión limitada No ventajas sobre los relojes inteligentes	Actiwatch Fitbit

## Relojes inteligentes

Los relojes inteligentes, también conocidos como smartwatches, entre los que se incluyen el Samsung Galaxy Watch, OPPO Watch y Apple watch, entre otros, son dispositivos vestibles cada vez más utilizados por la población, que tienen la particularidad de monitorizar en tiempo real y de manera continua en varias noches, los distintos parámetros fisiológicos. En los últimos años, se han desarrollado aplicaciones orientadas al tamizaje y la monitorización de la AOS que, mediante sensores de fotopletimografía, acelerómetros y oxímetro de pulso, entre otros, son capaces de registrar parámetros fisiológicos claves como frecuencia, amplitud e intensidad respiratoria, frecuencia cardíaca, índice de saturación de oxígeno e IAH. Los dispositivos captan, registran e integran las distintas señales; además, monitorizan las variaciones de los parámetros a lo largo de las distintas fases del sueño.<sup>25,26</sup> Con modelos predictivos basados en regresión lineal, aprendizaje automático, aprendizaje profundo e inteligencia artificial (entrenada con datos de PSG), pueden identificar eventos respiratorios considerados anómalos.<sup>27,28</sup>

Como se mencionó, existe una innumerable cantidad de relojes inteligentes con distintas capacidades, capacidades, costos y prestaciones. Sin embargo, no todos ellos cuentan con el respaldo necesario para recomendar su uso en el tamizaje de AOS. Actualmente los que más evidencia presentan son:

- **Samsung Galaxy Watch:** En el estudio de Browne et al.,<sup>29</sup> el dispositivo demostró una muy buena capacidad predictiva para identificar AOS. Las características del área bajo la curva ROC (AUC-ROC) para predecir apneas e hipopneas en comparación con PSG fueron: 0,894 para AHI>30/h; 0,800 para AHI>15/h y 0,803 para AHI>5/h, lo que lo posiciona como uno de los mejores relojes inteligentes para detectar apneas. Además, en el momento actual y desde 2024 cuenta con la aprobación de la FDA para cribado de AOS.
- **OPPO Watch:** En el estudio de Guangxin Zhou et al.,<sup>30</sup> que comparó el dispositivo con la PSG, se demostró que la Se y la Es para la detección de AOS fueron del 86,1% y 86,7%, respectivamente. Su AUC-ROC es de 0,91. Estos resultados también posicionan al OPPO Watch como un equipo útil para el cribado de AOS en poblaciones de riesgo.
- **Fitbit Sense, SomnNET, Garmin Fenix 5S, Garmin Vivosmart y Apple Watch** (aprobado recientemente por la FDA desde la versión 9): Estos dispositivos fueron evaluados en distintas revisiones sistemáticas. Se concluye que son relativamente capaces de detectar eventos como la desaturación de oxígeno, alteración en la frecuencia cardíaca y en la frecuencia res-

piratoria, así como episodios de apnea e hipopnea. Sin embargo, presentan una importante variabilidad en función de la población estudiada y las condiciones de uso, por lo que se recomienda la realización de más estudios antes de generalizar su uso.<sup>31-33</sup>

En conclusión, los relojes inteligentes podrían ser útiles para el cribado de AOS, especialmente en casos moderados y graves. Han demostrado una alta Se y Es al compararlo con la PSG, pero en general deben utilizarse con precaución y no sustituyen a los métodos de diagnóstico tradicionales. Una de sus grandes fortalezas es que son asequibles, cómodos, capaces de monitorizar múltiples datos en tiempo real y de manera continua en varias noches. No se ha demostrado su efectividad en apneas leves o en trastornos complejos del sueño, y su precisión puede variar según el modelo del dispositivo y la población estudiada.

### Anillos inteligentes

Se comercializan diversos tipos de anillos inteligentes, siendo los más conocidos el Oura-Ring, SleepImage, Token Ring y el Samsung. Estos dispositivos vestibles, aunque menos populares que los relojes inteligentes, van posicionándose como instrumentos útiles para medir en tiempo real parámetros fisiológicos, incluidos los respiratorios. Están equipados con sensores como acelerómetro, giroscopio, sensor actividad electrodérmica (EDA), sensor de saturación de oxígeno, termistor NTC (mide la temperatura corporal) y sensor óptico o infrarrojo para monitorizar el pulso y la frecuencia cardíaca. Las señales captadas se transmiten a un teléfono inteligente donde se recopilan, sincronizan y analizan mediante sofisticados algoritmos que buscan patrones fisiopatológicos específicos, como la caída repentina de los niveles de oxígeno, la fluctuación de la frecuencia cardíaca, los patrones respiratorios o los movimientos corporales. Finalmente, toda la información se integra y se emite un informe que detalla la estructura, calidad y anomalías detectadas durante el sueño.<sup>34</sup>

- **Oura Ring:** Este dispositivo tiene una Se del 94,5% y una Es del 74,6% para clasificar las distintas etapas del sueño. Funciona de manera eficiente en el seguimiento del sueño y podría ser una herramienta relativamente confiable para monitorear los distintos patrones nocturnos, incluidos los episodios de apnea e hipopnea. Sin embargo, no cuenta con estudios consistentes para el diagnóstico de AOS.<sup>35</sup>
- **Happy Ring:** Al igual que Oura Ring, este dispositivo, cuando se utiliza un algoritmo personalizado, tiene una Se del 94% y una Es del 83% para detectar las distintas fases del sueño; sin embargo, tampoco cuenta con estudios validados para el diagnóstico de la AOS.<sup>36</sup>
- **Sleep Image Ring:** En un estudio pequeño,<sup>37</sup> se encontró una fuerte correlación ( $r=0,89$ ,  $p<0,001$ ) entre el Sleep Image Ring y la PSG estándar en términos de IAH. El dispositivo demostró una capacidad confiable, con AUC-ROC de 1,00 (IC del 95%, 0,91; 1,00), 0,90 (IC del 95%; 0,77; 0,97) y 0,98 (IC del 95%; 0,88; 1,00) para umbrales correspondientes de PSG-AHI de 5, 15 y 30 eventos por hora, respectivamente.

En conclusión, los anillos inteligentes son elementos ergonómicos, funcionales y asequibles que incorporan múltiples componentes y sensores electrónicos miniaturizados. Su capacidad para recopilar datos y su buena correlación con las pruebas de sueño estándares los posiciona como herramientas útiles para el tamizaje y monitoreo de AOS. Sin embargo, requieren más estudios y, en general, están menos validados que los relojes inteligentes.

### Sensores de cama

Existe un creciente interés por parte de la ciencia y de la industria en monitorizar la arquitectura del sueño e identificar los posibles trastornos. Esto ha llevado al diseño de sensores específicos para la cama donde se incluyen sábanas, colchones, sensores de cama, entre otros; todos ellos son prácticos, cómodos y relativamente económicos, y además han mostrado una buena correlación con la PSG. Un estudio publicado por la Universidad de Stanford,<sup>38</sup> en el que cada participante durmió en una cama con sensores Sleeptracker-AI (debajo del colchón) y simultáneamen-



te se registraron los datos de la PSG, demostró una buena correlación entre ambas técnicas, con una precisión del 87,3%, una Se del 87,5% y una Es del 88,1%.

En otro estudio similar realizado en Francia,<sup>39</sup> donde los pacientes pasaron la noche en una clínica del sueño con una PSG simultánea a la grabación con el Withings Sleep Analyzer (WSA) se encontró:

- Para una IAH  $\geq 15$  eventos/hora: Se del 88,0% y Es del 88,6%, AUC-ROC = 0,926.
- Para una IAH  $\geq 30$  eventos/hora: Se de 86,0%, Es de 91,2%, AUC-ROC = 0,954.

También se han publicado estudios de sensores en sábanas o almohadas<sup>40</sup> que han demostrado una buena capacidad para identificar la AOS, con una Se del 87,5% y una Es del 91,3% para IAH mayores a 15 eventos hora.

En un metaanálisis publicado por Zhai,<sup>41</sup> que incluye 36 artículos, donde se evalúa la precisión de diversos tipos de sensores colocados en la cama, se llegó a la conclusión de que los sensores piezoeléctricos mostraron una Se del  $0,92 \pm 0,05$  y una Es del  $0,56 \pm 0,21$ , mientras que los sensores de radiofrecuencia tuvieron una Se del  $0,90 \pm 0,07$  y una Es del  $0,51 \pm 0,1$ .

Lo descrito apoya la viabilidad de utilizar dispositivos no intrusivos en la cama para el tamizaje de AOS. Estos dispositivos destacan por su potencial como herramientas prácticas y eficientes, por lo que proporcionan una alternativa menos costosa y más accesible a los métodos tradicionales de diagnóstico en laboratorios de sueño. A pesar de su eficacia demostrada, que en muchos estudios ha mostrado superioridad sobre otros dispositivos, su uso comercial es más limitado.

### Teléfonos inteligentes

Los teléfonos inteligentes han cambiado de manera radical la relación de los seres humanos con la tecnología. Se han convertido en herramientas omnipresentes que ofrecen una amplia gama de aplicaciones, que regulan a menudo varios aspectos de la vida cotidiana. En el campo de la salud, estos dispositivos integran diversos sensores como cámaras, micrófonos, acelerómetros, giroscopios, sensores de luz, sensores de oxígeno o ritmo cardíaco, entre otros.<sup>42</sup> Estos sensores permiten monitorizar de manera reproducible, accesible y económica parámetros de salud relacionados con enfermedades mentales, cardiovasculares, respiratorias y metabólicas, entre otras. Además, los teléfonos inteligentes actúan como "hardware" donde se integra y procesa la información obtenida de los dispositivos vestibles.<sup>43</sup>

Sin embargo, la implementación y adopción de estas tecnologías enfrenta desafíos en términos de regulación, precisión y de interoperabilidad entre plataformas. A medida que la tecnología evolucione, se integren y validen diversos sensores, se optimicen los métodos de análisis de datos basados en algoritmos, aprendizaje profundo e inteligencia artificial, y se potencie su uso tanto por parte del personal de salud como de los pacientes, la utilidad de estos dispositivos cambiará de manera radical el diagnóstico, monitorización y tratamiento de los pacientes respiratorios.<sup>44</sup> Es importante destacar que al momento no existen aplicaciones comerciales validadas para el tamizaje de AOS.

Específicamente, para la identificación o tamizaje del AOS, se ha evidenciado un importante desarrollo tecnológico, respaldado por múltiples estudios:

- En el publicado por Castillo-Escario,<sup>45</sup> que analiza las señales de audio grabadas con un smartphone mediante redes neuronales convolucionales (CNN), encontró una Se del 72%, una Es del 89% y un AUC-ROC de 0,88 al compararlo con la PSG para detectar AOS.
- En otro estudio, se incluyeron 128 pacientes a quienes se les realizó una PSG de nivel 2 en casa, y además se grabaron los sonidos respiratorios con un iPhone 13 (iOS) o un Galaxy S20 (Android). Los resultados fueron analizados utilizando un modelo de aprendizaje profundo (entrenado con 22.500 ruidos de entornos domésticos) y mostraron una alta correlación con los resultados de la PSG, con coeficientes de correlación de 0,958 (iOS) y 0,953 (Android).<sup>46</sup>
- Un trabajo llevado a cabo en Beijing<sup>47</sup> analizó 194 pacientes, a quienes se les realizó simultáneamente una PSG nocturna completa y una grabación digital de los sonidos del sueño. Es-

tos sonidos fueron procesados y transformados en espectrogramas para ser usados como entrada en un modelo de CNN. Dicho modelo alcanzó una precisión del 81%, con una Se del 78% en la detección de eventos del sueño en general. Para la detección de casos severos de AOS, mostró una Se del 95,6%, una Es del 91,6% y un AUC-ROC del 0,98.

- En un metaanálisis de 11 estudios publicado por Kim,<sup>48</sup> con 1.644 participantes, se compararon las mediciones entre smartphones y PSG; se obtuvo una Se del 90,64% y una Es del 88,01%. Los valores predictivos negativos y positivos fueron del 90,49% y 88,44%, respectivamente.

En resumen, los teléfonos inteligentes podrían ser herramientas útiles para el cribado a gran escala de AOS moderado o grave, especialmente en áreas de acceso limitado o con poca disponibilidad de pruebas complejas; sin embargo, por el momento tampoco pueden sustituir a la PSG para el diagnóstico de la AOS, cuando esta es accesible.

### Otros dispositivos

Si realizamos una búsqueda simple en páginas web como Amazon donde se incluyan términos como “sleep tracker” o “sleep monitoring sensor”, probablemente encontremos más de 4.000 productos diseñados para el cribado, tratamiento o seguimiento de la AOS y otros trastornos del sueño. La gran mayoría de estos dispositivos son los ya descritos. Pero también se pueden encontrar aparatos como parches, mascarillas, audífonos o pulseras. Algunos de estos dispositivos, como los parches, cuentan con evidencia científica que avala su uso ya que son capaces de medir señales de electroencefalograma, electrooculograma y electromiografía. Procesan esta información a través de algoritmos de aprendizaje automático, con una precisión del 88,5% para identificar AOS al compararlos con la PSG.<sup>49</sup>

En la década pasada, dispositivos como los actígrafos, los sensores de radiofrecuencia y los sensores ultrasónicos fueron estudiados y demostraron su utilidad para el cribado de la AOS. Por ejemplo, los actígrafos mostraron una Se del 80% y una Es del 90%,<sup>50</sup> mientras que para los sensores ultrasónicos/radiofrecuencia la Se fue del 97% y la Es del 77%.<sup>51</sup> Sin embargo, en la actualidad, su uso ha disminuido notablemente, principalmente porque tanto los relojes como los teléfonos inteligentes han descrito tener una potencia similar, pero con la ventaja de ser multifuncionales.

### Conclusiones

Los dispositivos vestibles, las tecnologías móviles y los sensores/monitores nocturnos, que procesan la información recopilada mediante algoritmos complejos, técnicas de aprendizaje profundo e inteligencia artificial, ofrecen una alternativa más accesible y cómoda para el tamizaje de la AOS, con la importante ventaja de monitorizar los parámetros de sueño y su variabilidad de manera continua y en múltiples noches. La “digitalización del sueño” tendrá un impacto significativo en el conocimiento de esta enfermedad, empoderará al usuario para comprender y gestionar sus hábitos de sueño, y ayudará al personal de salud a detectar de manera temprana y consistente este trastorno. Aunque muchas de las tecnologías disponibles para este fin prometen ser fiables, se requiere profundizar y ampliar la investigación en este campo, con el objetivo de mejorar la precisión y la generalización de estos instrumentos. También es imprescindible establecer estrategias colaborativas entre la industria, la academia, las entidades de salud y las políticas públicas, que permitan validar las tecnologías emergentes y emitir recomendaciones, especificaciones o alertas para el uso de los distintos dispositivos.

En definitiva, las nuevas tecnologías pueden ser utilizadas como método de tamizaje ante la sospecha de la AOS, entendiendo que al momento ninguno de los dispositivos sustituye a la poligrafía ni a la polisomnografía y que todos ellos requieren mayores estudios para valorar su capacidad diagnóstica y de seguimiento. Por otra parte, no todos los dispositivos pueden ser pondera-



dos de igual manera, por lo que es importante individualizar su función y conocer las prestaciones de cada uno de ellos, si se pretende utilizarlos como herramientas de tamizaje de la AOS.

**Financiamiento:** el autor declara que el trabajo no tuvo financiamiento.

**Conflictos de interés:** el autor declara que ha recibido compensaciones económicas de compañías farmacéuticas por su participación como conferencista en eventos científicos internacionales; que estas actividades han estado orientadas exclusivamente a la educación médica continua, respaldadas por evidencia científica, y no han influido en sus decisiones clínicas ni compromisos éticos como profesional de la salud.

**Contribuciones de los autores:** AMTC: administración del proyecto; adquisición de fondos; análisis formal; conceptualización; curaduría de datos; escritura, revisión y edición; investigación; metodología; recursos; redacción, borrador original; software; supervisión; validación; visualización.

El Editor en Jefe, Dr. Francisco Arancibia, realizó el seguimiento del proceso de revisión y aprobó este artículo.

## Referencias

1. Benjafield A, Valentine K, Ayas N et al. Global prevalence of obstructive sleep apnea in adults: estimation using currently available data. *Lancet Respir Med* 2019;7(8):687-698. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(19\)30198-5](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(19)30198-5)
2. Gottlieb DJ, Punjabi NM. Diagnosis and Management of Obstructive Sleep Apnea: A Review. *JAMA* 2020;323(14):1380-400. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3514>
3. Durán J, Esnaola S, Rubio R, Iztueta A. Obstructive sleep apnea-hypopnea and related clinical features in a population-based sample of subjects aged 30 to 70 yr. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(3 Pt 1):685-9. <https://doi.org/10.1164/ajrcm.163.3.2005065>
4. Senaratna CV, Perret JL, Lodge CJ et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: A systematic review. *Sleep Med Rev* 2017;34:70-81. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.07.002>
5. Dempsey JA, Veasey SC, Morgan BJ, O'Donnell CP. Pathophysiology of sleep apnea. *Physiol Rev* 2010;90(1):47-112. <https://doi.org/10.1152/physrev.00043.2008>
6. Schwab RJ, Pasirstein M, Pierson R et al. Identification of upper airway anatomic risk factors for obstructive sleep apnea with volumetric magnetic resonance imaging. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168(5):522-30. <https://doi.org/10.1164/rccm.200208-866OC>
7. Labarca G, Gower J, Lamperti L, Dreyse J, Jorquera J. Chronic intermittent hypoxia in obstructive sleep apnea: a narrative review from pathophysiological pathways to a precision clinical approach. *Sleep Breath* 2020;24(2):751-60. <https://doi.org/10.1007/s11325-019-01967-4>
8. Mitra AK, Bhuiyan AR, Jones EA. Association and Risk Factors for Obstructive Sleep Apnea and Cardiovascular Diseases : a Systematic Review. *Diseases* 2021;9(4):88. <https://doi.org/10.3390/diseases9040088>
9. Kashyap R, Hock LM, Bowman TJ. Higher Prevalence of Smoking in Patients Diagnosed as Having Obstructive Sleep Apnea. *Sleep Breath* 2001;5(4):167-72. <https://doi.org/10.1007/s11325-001-0167-5>
10. Taveira KVM, Kuntze MM, Berretta F et al. Association between obstructive sleep apnea and alcohol, caffeine and tobacco: A meta-analysis. *J Oral Rehabil* 2018;45(11):890-902. <https://doi.org/10.1111/joor.12686>
11. Ashraf A, Menon I, Gupta R, Arora V, Ahsan I. Oral findings as predictors of obstructive sleep apnea - A case - control study. *J Family Med Prim Care* 2022;5263-7. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_582\\_21](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_582_21)
12. Stansbury RC, Strollo PJ. Clinical manifestations of sleep apnea. *J Thorac Dis* 2015;7(9):298-310. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.09.13>
13. Banno K, Kryger MH. Sleep apnea : Clinical investigations in humans. *Sleep Med* 2007;8:400-26. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2007.03.003>
14. Lyons MME, Bhatt NY, Pack AI, Magalang UJ. Global burden of sleep-disordered breathing and its implications. *Respirology* 2020;25(7):690-702. <https://doi.org/10.1111/resp.13838>
15. Pivetta B, Chen L, Nagappa M et al. Use and Performance of the STOP-Bang Questionnaire for Obstructive Sleep Apnea Screening Across Geographic Regions, A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open* 2021;1-17. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.1009>
16. Wang W, Yuan S, Michael J et al. Evaluating the performance of five scoring systems for prescreening obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. *Sleep Breath* 2021;25(3):1685-1692. <https://doi.org/10.1007/s11325-020-02227-6>
17. Miller JN, Berger AM, Hodges D, Endowed O. University of Nebraska Medical Center. *Sleep Med Rev* 2015;(c). <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2015.09.005>
18. Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, Kuhlmann DC, Mehra R. Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea : An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *J Clin Sleep Med* 2017;13(3):479-504. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6506>
19. Shayeb ME, Topfer LA, Stafinski T, Pawluk L, Menon D. Diagnostic accuracy of level 3 portable sleep tests versus level 1 polysomnography for sleep-disordered breathing: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ* 2014;186(1):25-51. <https://doi.org/10.1503/cmaj.130952>
20. McNellis R, Thomas S. Screening for Obstructive Sleep Apnea in Adults. *Am Fam Physician* 2017;27599(4):415-33.
21. Society ER. Sleep - Related Breathing Disorders in Adults : Recommendations for Syndrome Definition and Measurement Techniques in Clinical Research. *Sleep* 1999;22(5):667-89.
22. González N, Egea-Santaolalla CJ, Chiner E. Guía SEPAR de las terapias respiratorias 2020. *Apnea Obstructiva del sueño. Open Resp Arch* 2021;2(2):46-66. <https://doi.org/10.1016/j.opresp.2020.03.008>
23. Mcardle N, Reynolds AC, Hillman D, Moses E, Maddison K, Melton P. Prevalence of common sleep disorders in a middle-aged community sample. *J Clin Sleep Med* 2022;18(6):1503-1514. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9886>
24. Perez-pozuelo I, Zhai B, Palotti J, Mall R. The future of sleep health : a data-driven revolution in sleep science and medicine. *npj Digit Med* 2022;1-15. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0244-4>
25. Duarte M, Pereira-Rodrigues P, Ferreira-Santos D. The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review. *J Med Internet Res* 2023;25:1-19. <https://doi.org/10.2196/47735>
26. Chen X, Xiao Y, Tang Y, Fernandez-Mendoza J, Cao G. ApneaDetector: Detecting Sleep Apnea with Smartwatches. *Proc ACM Interactive, Mobile, Wearable Ubiquitous Technol* 2021;5(2). <https://doi.org/10.1145/3463514>

27. Hosseini MM, Toktam S, Hosseini M et al. Smartwatches in healthcare medicine : assistance and monitoring ; a scoping review. *BMC Med Inform Decis Mak* 2023;1–26. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02350-w>
28. Jung H, Kim D, Choi J, Joo EY. Validating a Consumer Smartwatch for Nocturnal Respiratory Rate Measurements in Sleep Monitoring. *Sensors (Basel)* 2023;1–13. <https://doi.org/10.3390/s23187976>
29. Browne SH, Vaida F, Umlauf A, Kim J, DeYoung P, Owens RL. Performance of a commercial smart watch compared to polysomnography reference for overnight continuous oximetry measurement and sleep apnea evaluation. *J Clin Sleep Med* 2024;jcsm-11178. <https://doi.org/10.5664/jcsm.11178>
30. Zhou G, Zhao W, Zhang Y et al. Comparison of OPPO Watch Sleep Analyzer and Polysomnography for Obstructive Sleep Apnea Comparison of OPPO Watch Sleep Analyzer and Polysomnography for Obstructive Sleep Apnea Screening. *Nat Sci Sleep* 2024;16:125-141. <https://doi.org/10.2147/nss.s438065>
31. Pires GN, Arnardóttir ES, Islind AS, Leppänen T, McNicholas WT. Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. *J Sleep Res* 2023;32(4):1–20. <https://doi.org/10.1111/jsr.13819>
32. Chinoy ED, Cuellar JA, Huwa KE et al. Performance of seven consumer sleep-tracking devices compared with polysomnography. *Sleep* 2021;44(5):1–16. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa291>
33. Windisch P, Schröder C, Förster R, Cihoric N, Zwahlen DR. Accuracy of the apple watch oxygen saturation measurement in adults: a systematic review. *Cureus* 2023;15(2). <https://doi.org/10.7759/cureus.35355>
34. Srija A. Future of Smart Ring. *SSRN* 2015;1–6. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4727291>
35. Svensson T, Madhawa K, Nt H, Chung U il, Svensson AK. Validity and reliability of the Oura Ring Generation 3 (Gen3) with Oura sleep staging algorithm 2.0 (OSSA 2.0) when compared to multi-night ambulatory polysomnography : A validation study of 96 participants and 421,045 epochs. *Sleep Med* 2024;115:251-263. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.01.020>
36. Grandner MA, Bromberg Z, Hadley A et al. Performance of a multisensor smart ring to evaluate sleep : in-lab and home-based evaluation of generalized and personalized algorithms. 2023;1–16. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsac152>
37. Lu M, Brenzinger L, Rosenblum L et al. Comparative study of the SleepImage ring device and polysomnography for diagnosing obstructive sleep apnea. *Biomed Eng Lett* 2023;13(3):343–52.
38. Ding F, Cotton-Clay A, Fava L et al. Polysomnographic validation of an under-mattress monitoring device in estimating sleep architecture and obstructive sleep apnea in adults. *Sleep Med* 2022;96:20–7. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.04.010>
39. Edouard P, Campo D, Bartet P, Yang R, Bruyneel M, Roisman G. Validation of the Withings Sleep Analyzer, an under-the-mattress device for the detection of moderate-severe sleep apnea syndrome. *J Clin Sleep Med* 2021;17(6):1217-1227. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9168>
40. Hayano J, Yamamoto H, Tanaka H, Yuda E. Piezoelectric rubber sheet sensor : a promising tool for home sleep apnea testing. *Sleep Breath* 2024;28(3):1273–83. <https://doi.org/10.1007/s11325-024-02991-9>
41. Zhai H, Yan Y, He S, Zhao P, Zhang B. Evaluation of the accuracy of contactless consumer sleep-tracking devices application in human experiment: a systematic review and meta-analysis. *Sensors* 2023;23(10):4842. <https://doi.org/10.3390/s23104842>
42. Mshali H, Lemlouma T, Moloney M, Magoni D. International Journal of Industrial Ergonomics A survey on health monitoring systems for health smart homes. *Int J Ind Ergon* 2018;66:26–56. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.02.002>
43. Baxter C, Carroll JA, Keogh B, Vandelanotte C, Baxter C. Assessment of Mobile Health Apps Using Built-In Smartphone Sensors for Diagnosis and Treatment : Systematic Survey of Apps Listed in International Curated Health App Libraries. *JMIR Mhealth Uhealth* 2020;8(2):e16741. <https://doi.org/10.2196/16741>
44. Sleurs K, Seys SF, Gorris S et al. Mobile health tools for the management of chronic respiratory diseases. 2019;1292–306. <https://doi.org/10.1111/all.13720>
45. Castillo-Escario Y, Werthen-Brabants L, Groenendaal W, Deschrijver D, Jane R. Convolutional Neural Networks for Apnea Detection from Smartphone Audio Signals: Effect of Window Size. *Proc Annu Int Conf IEEE EMBC* 2022:666–9. <https://doi.org/10.1109/EMBC48229.2022.9871396>
46. Han SC. In-Home Smartphone-Based Prediction of Obstructive Sleep Apnea in Conjunction With Level 2 Home Polysomnography In-Home Smartphone-Based Prediction of Obstructive Sleep Apnea in Conjunction With Level 2 Home Polysomnography. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2024;150(1):22-29. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2023.3490>
47. Wang B, Tang X, Ai H et al. Obstructive Sleep Apnea Detection Based on Sleep Sounds via Deep Learning. *Nat Sci Sleep* 2022;14:2033–45. <https://doi.org/10.2147/nss.s373367>
48. Kim DH, Kim SW, Hwang SH. Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2022;17:1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268585>
49. Kwon S, Kim HS, Kwon K et al. At-home wireless sleep monitoring patches for the clinical assessment of sleep quality and sleep apnea. *Sci Adv* 2023;9(21):eadg9671 <https://doi.org/10.1126/sciadv.adg9671>
50. Gruwez A, Bruyneel AV, Bruyneel M. The validity of two commercially-available sleep trackers and actigraphy for assessment of sleep parameters in obstructive sleep apnea patients. *PLoS One* 2019;14(1):e0210569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210569>
51. Gugger M, Autoset S. Comparison of ResMed AutoSet (version 3.03) with polysomnography in the diagnosis of the sleep apnoea / hypopnoea syndrome. *Eur Respir J* 1997;51(1):587–91.