



# Perspectivas actuales sobre el Síndrome de Apnea Obstruktiva Del Sueño Revisión sistemática

Enhancing Early Detection of Obstructive Sleep Apnea Syndrome: Integrative Application of Artificial Intelligence Technologies

Fernando Ramos Zaga<sup>1</sup>

## Resumen

El Síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) plantea graves riesgos para la salud, motivo por el cual su detección precoz es crucial para un tratamiento eficaz. Objetivo: Este trabajo pretende analizar el potencial de la inteligencia artificial (IA) en la detección del SAOS, utilizando específicamente los datos de polisomnografía. Método: Para tal fin, se llevó a cabo una revisión bibliográfica mediante una búsqueda exhaustiva de la literatura científica relacionada con el SAOS y su diagnóstico. Resultados: De acuerdo a los estudios analizados, los modelos de IA predicen con precisión el riesgo de SAOS. Los métodos de aprendizaje automático resultan prometedores en la revisión de sonidos de ronquidos e imágenes faciales para el diagnóstico del SAOS. Conclusión: La tecnología basada en IA mejora el proceso de detección del SAOS mediante métodos no invasivos y eficientes. La incorporación de la IA a múltiples enfoques diagnósticos proporciona una estrategia integral para el diagnóstico precoz del SAOS. Sin embargo, aún es necesaria una mayor validación en diversas poblaciones.

**Palabras claves:** diagnóstico, factores de riesgo, inteligencia artificial, LSAOS, prevalencia, salud pública, tratamiento.

## Abstract

Obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) poses serious health risks, which is why its early detection is crucial for effective treatment. Objective: This work aims to analyze the potential of artificial intelligence (AI) in the detection of OSAS, specifically using polysomnography data. Method: For this purpose, a bibliographic review was carried out through an exhaustive search of the scientific literature related to OSAS and its diagnosis. Results: According to the studies analyzed, AI models accurately predict the risk of OSA. Machine learning methods show promise in reviewing snoring sounds and facial images for OSA diagnosis. Conclusion: AI-based technology improves the OSAS detection process through non-invasive and efficient methods. Incorporating AI into multiple diagnostic approaches provides a comprehensive strategy for early diagnosis of OSAS. However, further validation in various populations is still necessary.

**Keywords:** diagnosis, risk factors, artificial intelligence, OSAS, prevalence, public health, treatment.

Recibido el  
16 de septiembre de 2023

Aceptado  
24 de julio de 2024

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Perú.  
<https://orcid.org/0000-0001-6301-9460>  
fernandozaga@gmail.com

\*Correspondencia:  
Fernando Ramos Zaga  
Correo electrónico:  
fernandozaga@gmail.com

DOI:  
<https://doi.org/10.47993/gmbv47i2.691>

El proceso más complejo y crucial que tiene lugar en la vida de muchos seres vivos es el sueño. Por lo tanto, los seres humanos requieren un descanso regular, ya que la privación de sueño tiene profundas consecuencias negativas para la calidad de vida<sup>1,2</sup>. En este contexto, desde la década de 1970, un comité de investigadores ha desarrollado la Clasificación Internacional de los Trastornos del Sueño, que incluye el Síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS)<sup>3</sup>.

El SAOS se define como un trastorno crónico que causa fatiga y somnolencia diurna debido al cierre o colapso de las vías respiratorias superiores durante el sueño<sup>4</sup>, cuyos síntomas persistentes, como ronquidos y microdespertares, se producen durante la noche<sup>5</sup>. Por la mañana, despertares con dolor de cabeza, sequedad de boca, somnolencia diurna excesiva, fatiga e insomnio<sup>6</sup>.

El SAOS se caracteriza por episodios repetidos de obstrucción total o parcial de las vías respiratorias durante el sueño que duran más de 10 segundos<sup>7</sup>. Los despertares frecuentes durante el sueño son consecuencia de la deficiencia de oxígeno causada por una disminución del flujo aéreo o incluso por su ausencia<sup>8</sup>. Asimismo, la somnolencia diurna está relacionada con este trastorno, ya que la hipoxemia es consecuencia de la privación de oxígeno y de la alteración de los patrones de sueño debido a los numerosos despertares<sup>9</sup>.

La principal causa del SAOS es el colapso faríngeo, que puede provocar una menor saturación de oxígeno y problemas cardíacos. Factores como la obesidad, edad, sexo masculino, características del cráneo y de la región orofacial desempeñan un rol importante en su desarrollo<sup>10</sup>. Entre los factores de riesgo asociados tenemos el perímetro del cuello, el consumo de alcohol, el tabaquismo, la obesidad y los antecedentes familiares<sup>11</sup>. La comorbilidad del SAOS está asociada a diversas condiciones, entre las más frecuentes están el síndrome metabólico, la hipertensión arterial, la enfermedad vascular cerebral, la enfermedad arterial coronaria, la obesidad y la diabetes<sup>12</sup>.

El SAOS es considerado como un desafío de salud pública, debido a su influencia negativa tanto en la calidad de vida de los afectados, así como en su propensión a sufrir accidentes de tráfico. En este sentido, la U.S. National Highway Traffic Safety Administration informa de que, durante el año 2020, el número de muertes por accidentes de tráfico debidas a somnolencia ascenderá a 633 personas, lo que supone una media de 1,73 muertes al día por accidentes de tráfico<sup>13</sup>.

La prevalencia del SAOS es elevada, lo que constituye un importante problema de salud pública mundial. Según Benjafield et al., se estima que la prevalencia mundial de SAOS alcanza los 936 millones de pacientes. En China, el número de pacientes de 30 a 69 años con SAOS es de 744 millones. En Estados Unidos, la cifra es de 163 millones. En la India, el número de pacientes es de 534 millones. En Brasil, el número de casos de AOS es de 98 millones<sup>14</sup>.

Diversas investigaciones reportan que el SAOS es un factor de riesgo en las intervenciones quirúrgicas<sup>15,16</sup>. De hecho, los pacientes con SAOS presentan dificultades respecto al colapso de la vía aérea inferior, dificultad en la intubación y ventilación postextubación<sup>17</sup>. Ante esta situación, es necesario realizar la evaluación preoperatoria de los pacientes con este síndrome, utilizando la escala STOP-Bang.

En el Perú, el número de pacientes con SAOS asciende a 12 millones 928 mil<sup>14</sup>. En este contexto, la falta de concientización de la población sobre los riesgos asociados al SAOS es también un grave problema que debe ser abordado con urgencia. Asimismo, la limitada disponibilidad de servicios accesibles de diagnóstico y tratamiento dificulta la detección temprana y el manejo adecuado de este trastorno.

A la hora de determinar el SAOS, la polisomnografía de laboratorio suele considerarse la técnica más fiable. Permite cuantificar con exactitud la regularidad de los incidentes obstructivos respiratorios que se producen durante el sueño<sup>18</sup>. Sin embargo, este método exige unos costes considerables y requiere que los expertos médicos lleven a cabo una vigilancia continua del sueño, lo que puede no ser factible en algunos lugares geográficos. Al abordar las limitaciones en el diagnóstico del SAOS, los investigadores han explorado el uso de sistemas de monitorización portátiles no supervisados como un posible enfoque alternativo.

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una herramienta muy prometedora para identificar y diagnosticar el SAOS, al aprovechar la capacidad de los ordenadores para realizar tareas normalmente limitadas a los seres humanos. En ese sentido, el aprendizaje automático como subapartado de la IA, cuenta con tres enfoques clave: supervisado, no supervisado y reforzado que permite realizar el análisis de grandes conjuntos de datos para reconocer patrones y conexiones<sup>19,20</sup>.

En los últimos años, la medicina del sueño ha experimentado importantes avances gracias al uso de la IA. Los investigadores han desarrollado redes neuronales y modelos predictivos que analizan datos de potos<sup>21</sup>. La polisomnografía proporciona gran cantidad de detalles fisiológicos, como las ondas cerebrales, los movimientos oculares, la actividad muscular, la frecuencia cardíaca y los niveles de oxígeno. Esta gran cantidad de información la hace ideal para aplicaciones de IA. Estos enfoques pueden aumentar la eficacia de los laboratorios del sueño. Ayudan a realizar estudios del sueño y automatizar la identificación de episodios de apnea obstructiva del sueño. Los datos recogidos durante la polisomnografía permiten a los ordenadores reconocer patrones. Es así como esta evaluación automatiza agiliza su diagnóstico.

El presente artículo tiene por objetivo analizar el potencial de la IA para identificar y diagnosticar el SAOS. La creciente incidencia de esta afección, unida a la necesidad de una detección rápida, hacen de la IA una herramienta útil y eficiente para la evaluación clínica, pues el uso de la IA tiene la capacidad de aumentar el nivel de precisión en la identificación del SAOS, especialmente cuando se utiliza información obtenida mediante polisomnografía.

## Metodología

**Búsqueda Bibliográfica:** Para llevar a cabo esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica relacionada con el SAOS y su diagnóstico. Se utilizaron múltiples bases de datos, incluyendo PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar. La búsqueda se realizó mediante una combinación de términos clave, como "Obstructive Sleep Apnea Syndrome", "OSAS", "prevalence", "risk factors", "treatment", "diagnosis", "quality of life" y "epidemiology". Se aplicó un filtro de idioma en inglés y español para incluir los estudios pertinentes.

**Criterios de inclusión y exclusión:** Los trabajos incluidos en esta revisión se seleccionaron en base a criterios específicos. Se incluyeron los estudios que abordaban directamente el SAOS y proporcionaban información sobre la prevalencia y los métodos de diagnóstico. Se excluyeron los artículos que no estaban disponibles en su totalidad, los que se centraban exclusivamente en modelos animales o no estaban relacionados con el tema de estudio.

**Criterios de selección:** Se revisaron los resúmenes y los títulos de los artículos obtenidos mediante la búsqueda bibliográfica y se seleccionaron los que cumplían los criterios de inclusión mencionados anteriormente. A continuación, se revisaron los artículos seleccionados para obtener información detallada y pertinente.

**Evaluación de la calidad de los artículos:** La calidad de los artículos seleccionados se evaluó utilizando criterios específicos para cada tipo de estudio. En el caso de los estudios epidemiológicos, se evaluó la representatividad de la muestra, la metodología de recogida de datos y la validez de los resultados.

## Desarrollo

### SAOS

Es el trastorno crónico del sueño que consiste en la obstrucción recurrente de las vías respiratorias superiores durante el sueño, con un aumento del esfuerzo respiratorio para acomodar la obstrucción de las vías respiratorias e interrupciones frecuentes del sueño<sup>22</sup>. Este síndrome se caracteriza por obstrucciones parciales o completas de las vías respiratorias superiores, que provocan hipoxia, reoxigenación y excitación del sistema nervioso central durante el sueño<sup>23</sup>. Las alteraciones del sueño provocan insomnio, así como hipoxemia debido a la obstrucción de las vías respiratorias superiores y activación del sistema nervioso simpático debido a la excitación, que puede causar insomnio y problemas cardiovasculares<sup>24</sup>.

El SAOS se caracteriza por la ocurrencia recurrente de obstrucción faríngea, que provocan apnea e hipopnea durante el sueño. Estos episodios de desoxigenación y reoxigenación durante el sueño pueden provocar un descenso brusco de la saturación de oxígeno en sangre en pacientes con SAOS. En respuesta a la deficiencia en los niveles de oxígeno, el cerebro inicia un breve despertar brusco para reanudar la respiración normal, que puede producirse varias veces durante la noche, provocando una mayor privación del sueño. La privación de sueño puede desencadenar ajustes en partes del sistema inmunológico y en el propio sistema inmunitario, debilitando los mecanismos de defensa<sup>25</sup>.

### Prevalencia

La mayoría de los estudios sobre la incidencia del SAOS se basan en estudios de poblaciones adultas. Según estudios epidemiológicos realizados en distintos países, la prevalencia mundial del SAOS es de 936 millones de pacientes. En China, el número de pacientes de 30 a 69 años con SAOS es de 744 millones. En Estados Unidos, la cifra es de 163 millones. En la India, el número de pacientes es de 534 millones. En Brasil, el número de casos de SAOS es de 98 millones<sup>14</sup>.

Aunque el SAOS puede aparecer en cualquier momento, es más frecuente después de los 40 años de edad<sup>11,26,27</sup>. No está claro si la edad por sí sola puede aumentar la probabilidad de desarrollar SAOS. Las dificultades para identificar el SAOS entre los ancianos pueden deberse a la relación entre la prevalencia del SAOS y la edad. Los hombres tienen más riesgo de padecer SAOS en la mediana y la vejez que las mujeres. Esta diferencia entre sexos podría tener que ver con el hecho de que las mujeres presentan síntomas de SAOS como apnea del sueño, ronquidos y apnea y consultan al médico con menos frecuencia.

Los diferentes patrones de distribución de la grasa explican la menor prevalencia del SAOS en las mujeres premenopáusicas que en los hombres debido a las hormonas sexuales<sup>28</sup>. Aunque es cierto que hay un mayor número de síntomas relacionados con el ronquido cuando se está embarazada, no hay ningún cambio en el diagnóstico del SAOS a partir de las pruebas polisomnográficas. Se pensaba que el ronquido estaba relacionado con el aumento de peso y la inflamación faríngea durante el embarazo<sup>11</sup>.

## Métodos de diagnóstico

### Examen físico

El objetivo de la exploración física de un paciente con SAOS es identificar las causas que provocan la progresión de la enfermedad y determinar la mejor opción de tratamiento. Los exámenes deben buscar problemas anatómicos que afecten a las vías respiratorias superiores, la fosa nasal y la faringe<sup>29</sup>.

Se evalúa el tamaño de la lengua dentro de la boca, así como su relación con los paladares blando y duro. Para evaluarla se puede utilizar la escala de Friedman<sup>30</sup>. El SAOS, al ser una patología compleja con diversos síntomas y factores de riesgo, la probabilidad de determinar el diagnóstico a partir de la exploración física por sí sola no es alta, por lo que ésta no sería suficiente para descartar el diagnóstico de SAOS.

### Evaluación clínica

La exploración física, las pruebas de imagen anamnéscas, las pruebas de laboratorio, la evaluación multidisciplinar y la PSG son los métodos más habituales para determinar el estado de los pacientes que presentan síntomas de trastornos del sueño. Asimismo, la historia clínica del paciente es esencial<sup>31</sup>. Por otro lado, los familiares reportan el deterioro de las funciones neurocognitivas de los pacientes, los cambios de humor y las cefaleas derivadas de los episodios de depresión, ansiedad e irritabilidad que pueden observarse en la salud mental del paciente<sup>32</sup>.

### Diagnóstico radiológico

Más que su uso para diagnóstico, las imágenes del tracto respiratorio superior pueden emplearse para determinar el modo de tratamiento y el tipo de tratamiento utilizado mediante pruebas radiológicas como la cefalometría y la tomografía computarizada, la resonancia magnética (RM), la fluoroscopia y la reflexión acústica<sup>33</sup>.

### Polisomnografía

La polisomnografía, la prueba más utilizada para diagnosticar los trastornos del sueño, capta las señales del sueño, los esfuerzos respiratorios, los movimientos musculares y las señales cardiovasculares de los pacientes que duermen toda la noche<sup>34</sup>.

Consiste en el registro, análisis e interpretación de parámetros cardíacos, neurofisiológicos, respiratorios y otros parámetros fisiológicos y físicos durante un periodo de tiempo, generalmente por la noche, bajo la supervisión de un técnico del laboratorio del sueño o de un médico especializado. Mientras se duerme, se registran episodios respiratorios como apnea o hipopnea obstructiva, central o mixta, hipoxemia y otros parámetros fisiológicos<sup>35</sup>.

### **Automatización en la evaluación de trastornos del sueño**

Analizar los eventos relacionados con el sueño y extraer información adicional de los datos de la polisomnografía (PSG) mediante técnicas automatizadas permite realizar un examen completo y totalmente automatizado de los trastornos del sueño, incluido el SAOS. Realizar una polisomnografía (PSG) a cada paciente sospechoso de tener problemas de sueño es una tarea difícil debido a los importantes costes y recursos que requiere. Tradicionalmente, la elección de los pacientes adecuados para la PSG se ha basado en evaluaciones subjetivas. Sin embargo, la incorporación de la IA brinda la oportunidad de hacer esta selección más objetiva y mejorarla mediante la extracción de datos relevantes. La administración de PSG a cada paciente que se cree que padece trastornos del sueño es un proceso complejo debido a los considerables gastos y recursos que conlleva. El método tradicional para decidir los individuos adecuados para la PSG se ha basado principalmente en el juicio personal. Sin embargo, la integración de la IA ofrece la oportunidad de hacer esta elección más imparcial y reforzarla mediante la extracción de información pertinente<sup>21</sup>.

El SAOS se correlaciona con varios factores de riesgo como el peso excesivo, el sexo biológico masculino, el perímetro de la cintura, la proporción cintura-estatura, los antecedentes familiares y la retrognatia<sup>36</sup>. El exceso de peso es un factor de riesgo considerable del SAOS, y los índices de masa corporal (IMC) más elevados están relacionados con mayores probabilidades. La IA puede desempeñar un papel fundamental en el reconocimiento de factores significativos que pueden anticipar la gravedad del SAOS, como el IMC y el sexo<sup>37</sup>. Esto permite la evolución de prototipos de anticipación aplicando procedimientos de aprendizaje automático.

### **Reconocimiento facial**

Las anomalías craneofaciales, que involucran irregularidades en la estructura ósea del cráneo y la cara, pueden influir en la propensión a desarrollar el SAOS al reducir el espacio para que el aire fluya a través de las vías respiratorias<sup>38</sup>. La IA tiene la capacidad de diagnosticar el SAOS analizando fotos faciales de pacientes e identificando cualquier anomalía. Estas imágenes faciales permiten una evaluación exhaustiva de los factores de riesgo asociados a los tejidos blandos y la estructura ósea de la cara. Asimismo, proporcionan información sobre los tejidos blandos subyacentes del esqueleto y las vías respiratorias superiores.

El aprendizaje automático (Machine Learning, ML) se utiliza cada vez más para identificar el SAOS mediante el examen de fotografías faciales, como han demostrado numerosos estudios académicos<sup>39</sup>. Se ha demostrado que la incorporación de atributos clínicos, en particular la identificación de apneas observadas, en estos modelos de IA mejora su capacidad para prever resultados. Sin embargo, es fundamental reconocer que las técnicas basadas en IA existentes requieren un etiquetado manual sustancial de los puntos de referencia faciales compuestos de hueso y cartílago. Esta restricción dificulta su uso generalizado en iniciativas de cribado a gran escala.

El aprendizaje profundo resulta prometedor en este ámbito. Esta técnica permite a los modelos informáticos obtener representaciones de datos que contienen múltiples capas de abstracción. En particular, las redes convolucionales profundas han demostrado avances significativos en el reconocimiento de imágenes faciales<sup>40</sup>. Aunque el uso de fotos faciales para detectar el SAOS no se ha aplicado comúnmente, es evidente que este método podría mejorar la precisión de la detección, especialmente cuando se dispone de un gran conjunto de datos.

### **Sensores portátiles en polisomnografía**

La polisomnografía (PSG), utiliza un enfoque detallado para medir muchos aspectos fisiológicos, la inclusión de varios sensores en herramientas portátiles como parte de la PSG podría ayudar realmente a hacer más precisa la identificación de episodios relacionados con el sueño<sup>41</sup>. Por ejemplo, la IA está optimizando progresivamente los algoritmos y mejorando la precisión de las predicciones del sueño para analizar datos fisiológicos complejos registrados durante un examen de PSG<sup>21</sup>. Al variar la estructura de las frases y utilizar un vocabulario más sencillo, los sistemas de IA pueden ayudar a los polisomnógrafos a identificar patrones significativos al tiempo que tienen en cuenta los efectos de los sensores en la fiabilidad de las mediciones<sup>42</sup>. Las mejoras continuas en el análisis asistido por IA pueden mejorar nuestra comprensión del sueño y ayudar a diagnosticar los trastornos del sueño.

El uso del aprendizaje profundo y los sensores portátiles para abordar de forma integral los ronquidos de principio a fin incorpora la entrada sensorial de múltiples capas de mapas de características y módulos auditivos que imitan cómo responde el sistema auditivo a las distintas frecuencias de sonido, lo que ha demostrado su éxito en el reconocimiento de los ronquidos (43,44). Sin embargo, aún no se ha probado en pacientes para determinar su capacidad para detectar el SAOS. Por tanto, es necesario seguir investigando antes de que este modelo pueda diagnosticar de forma fiable el SAOS basándose únicamente en los patrones de ronquido captados por los dispositivos portátiles durante el sueño.

De acuerdo a los últimos avances, la monitorización de ronquidos no requeriría el uso de micrófonos especializados; pues el micrófono de los teléfonos inteligentes puede resultar adecuado para esta tarea. Una investigación realizada analizó a 131 pacientes mediante un algoritmo Random Forest para evaluar la detección de fases respiratorias normales a través de un smartphone. Este método de monitorización respiratoria pasiva analizó los datos acústicos de los teléfonos inteligentes. Sorprendentemente, el algoritmo distinguió a los individuos con problemas respiratorios de los sanos con una precisión de hasta el 76%, basándose únicamente en los sonidos respiratorios registrados por el smartphone sin preprocesamiento ni eliminación de ruido durante el sueño. Cabe destacar que este modelo utilizó exclusivamente sonidos respiratorios adquiridos a través de un teléfono inteligente, sin ningún tipo de preprocesamiento como la eliminación de ruido durante el sueño<sup>45</sup>.

## Conclusiones

Es esencial utilizar la IA en el cribado del SAOS. Los algoritmos de aprendizaje automático, como la regresión logística y las máquinas de vectores de apoyo, han desarrollado con éxito modelos de IA que predicen con precisión la probabilidad de padecer SAOS. Estos modelos utilizan características clínicas pertinentes como el índice de masa corporal y el sexo, lo que demuestra el potencial de la IA como herramienta útil para evaluar el riesgo del SAOS. Sin embargo, es fundamental hacer hincapié en que todavía se necesita más validación e investigación para confirmar la fiabilidad y eficacia de estos modelos de IA en la práctica clínica, especialmente cuando se aplican a poblaciones diversas.

El uso de la IA para examinar imágenes faciales y escáneres tridimensionales (3D) resulta prometedor para identificar anomalías relacionadas con el SAOS. Estas anomalías afectan a la estructura craneofacial y a las vías respiratorias superiores, y pueden detectarse sin métodos invasivos. Las soluciones basadas en IA ofrecen información útil para evaluar el riesgo de SAOS sin necesidad de procedimientos intrusivos. Por lo tanto, es importante reconocer tanto los posibles beneficios como las limitaciones del examen basado en IA de fotografías faciales y escaneos 3D, especialmente cuando se considera su aplicación en el cribado a gran escala del SAOS.

La integración de la IA en monitores del sueño y pulseras inteligentes ofrece una forma prometedora de detectar el SAOS. Estos dispositivos utilizan algoritmos avanzados para examinar diversas señales corporales. Esto podría mejorar enormemente su precisión a la hora de detectar el SAOS. Sin embargo, hay que tener cuidado al utilizarlos, sobre todo en niños y adolescentes. Esta precaución se debe a las diferencias entre el objetivo de estos dispositivos y el de la prueba de referencia, la polisomnografía. Los monitores pueden priorizar la comodidad y la conveniencia sobre la precisión clínica. El lugar donde se colocan los sensores, la forma en que se recogen los datos y el modo en que se calibran los dispositivos pueden dar lugar a diferencias en cuanto a su precisión y fiabilidad para detectar el SAOS.

El uso de la IA para analizar los ruidos de los ronquidos como posibles signos del SAOS ha mejorado mucho este campo. Diversos métodos de clasificación han generado resultados prometedores. Cabe destacar la creación de modelos de aprendizaje profundo para estudiar y comprender los datos sobre ronquidos obtenidos a partir de dispositivos portátiles. Asimismo, el uso de teléfonos inteligentes para grabar sonidos respiratorios durante el sueño ha ampliado el alcance de esta investigación. Estos modelos de IA demuestran una capacidad para detectar con precisión el SAOS utilizando patrones de ronquidos. Sin embargo, es crucial destacar que verificar y determinar la idoneidad de estos modelos en entornos clínicos para la detección habitual del SAOS requiere un examen y una mejora exhaustivos para garantizar su fiabilidad y eficacia en situaciones del mundo real.

La creación de un sistema unificado de IA que combine distintas técnicas de diagnóstico no invasivo resulta muy prometedora para mejorar en el futuro el diagnóstico del SAOS. Un enfoque podría utilizar una mezcla de detalles clínicos, análisis de imágenes faciales, grabaciones de sonidos de ronquidos y señales fisiológicas de dispositivos portátiles para mejorar tanto la precisión como la idoneidad del sistema para diversas poblaciones. Un método integrado de este tipo no sólo superaría las limitaciones de los enfoques individuales, sino que también ofrecería una herramienta de cribado completa, lo cual podría reducir potencialmente la dependencia de la polisomnografía. La investigación futura debe dar prioridad a la validación de este sistema combinado en muchos entornos clínicos.

## Referencias bibliográficas

1. Carrillo-Mora P, Ramírez-Peris J, Magaña-Vázquez K. Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Rev Fac Med UNAM* [Internet]. 2013;56(4):5-15. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=43013> [citado 28 de diciembre de 2023]
2. Castillo J, Lan A, Morán J, Aparicio E, Tuñón V, Gutiérrez M, et al. La relación entre el rendimiento universitario y la privación de sueño. *Rev Iniciación Científica* [Internet]. 2020;6(2):53-9. Disponible en: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.2.2896> [citado 28 de diciembre de 2023]
3. Vizcarra-Escobar D. Evolución histórica de los métodos de investigación en los trastornos del sueño. *Rev Medica Hered* [Internet]. 2000;11(4):136-43. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1018-130X2000000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1018-130X2000000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es) [citado 28 de diciembre de 2023]
4. PARRALES DP, Angeline F. Síndrome de apnea obstructiva del sueño y su relación con el desarrollo de hipertensión arterial en adultos mayores de 65 a 80 años de edad de la comunidad de Palmar 2022. [Internet]. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7977> [citado 28 de diciembre de 2023]
5. Lloberes P, Durán-Cantolla J, Martínez-García MÁ, Marín JM, Ferrer A, Corral J, et

- al. Diagnóstico y tratamiento del síndrome de apneas-hipopneas del sueño. Arch Bronconeumol [Internet]. 2011;47(3):143-56. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Antoni-Ferrer/publication/238000694\\_Diagnostico\\_y\\_tratamiento\\_del\\_sindrome\\_de\\_apneas-hipopneas\\_del\\_sueno/links/618da3c1d7d1af224bdcca5f/Diagnostico-y-tratamiento-del-sindrome-de-apneas-hipopneas-del-sueno.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antoni-Ferrer/publication/238000694_Diagnostico_y_tratamiento_del_sindrome_de_apneas-hipopneas_del_sueno/links/618da3c1d7d1af224bdcca5f/Diagnostico-y-tratamiento-del-sindrome-de-apneas-hipopneas-del-sueno.pdf)
6. Viñals-Iglesias H, Bové-Ribé A. Manifestaciones dento-orofaciales de los trastornos del sueño. FMC - Form Médica Contin En Aten Primaria [Internet]. 2001;8(3):138-51. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1134-2072\(01\)75380-7](https://doi.org/10.1016/S1134-2072(01)75380-7) [citado 28 de diciembre de 2023]
7. Abad-García A. Satisfacción marital en personas con síndrome de apnea-hipopnea del sueño en las zonas de levante y poniente de Almería [Internet]. Universidad de Almería. 2014. Disponible en: <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3070/Trabajo.pdf?sequence=1>
8. Matarrita-Salas J. Rendimiento laboral del personal de salud de la Fundación Salud sin Fronteras, en relación con la apnea del sueño. 2013; Disponible en: <https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/123456789/1058/045068.pdf>
9. Olivi H. Apnea del sueño: cuadro clínico y estudio diagnóstico. Rev Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2013;24(3):359-73. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70173-1](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70173-1) [citado 28 de diciembre de 2023]
10. Carreño-Ruedas LM, Pallares-Pardo EP, Cote-Florez LV, Parra-Almeida RF. Amplitud de la vía aérea faríngea relacionada con la posición de los maxilares y clase esquelética, según diagnóstico de SAOS [Internet]. Universidad Santo Tomás. 2017. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/11513> [citado 28 de diciembre de 2023]
11. Almonte-Estrada JM, Pagán-Santos DA. Evolución clínica de pacientes con sospecha de síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) sometidos a cirugía electiva. [Internet]. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. 2021. Disponible en: <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/3596> [citado 28 de diciembre de 2023]
12. Montenegro AEC, Pinilla LAM. Diabetes mellitus tipo 2, obesidad y Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño. Una Mirada Interdiscip. 2019. Disponible en: [https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/2599/2019\\_03\\_28\\_DiabetesMellitus\\_PDF\\_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=52](https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/2599/2019_03_28_DiabetesMellitus_PDF_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=52)
13. Stewart T. Overview of motor vehicle crashes in 2020 [Internet]. 2022. Disponible en: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813266>
14. Benjafield AV, Ayas NT, Eastwood PR, Heinzer R, Ip MSM, Morrell MJ, et al. Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis. Lancet Respir Med [Internet]. 2019;7(8):687-98. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30198-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30198-5) [citado 28 de diciembre de 2023]
15. Barimboim E. Apnea del sueño como factor de riesgo en intervenciones quirúrgicas. Rev Am Med Respir [Internet]. 2014;14(3):272-9. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1852-236X2014000300011&lng=e&s&nrm=iso&tlang=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-236X2014000300011&lng=e&s&nrm=iso&tlang=pt) [citado 28 de diciembre de 2023]
16. Díaz-Cruz RÁ, Espinoza-Guerrero ÁP. Apnea del sueño y factores asociados en pacientes ingresados al Hospital Escuela Oscar Danilo Rosales Argüello (HEODRA) en el período de mayo a junio de 2019 [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2019. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7566> [citado 28 de diciembre de 2023]
17. Florea D, Mateia AF. Riesgos anestésicos en los pacientes con apnea obstructiva del sueño. Rev Chil Anest [Internet]. 2019;48:13-9. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanstv48n01.04.pdf>
18. Arnaud C, Bochaton T, Pépin JL, Belaidi E. Obstructive sleep apnoea and cardiovascular consequences: Pathophysiological mechanisms. Arch Cardiovasc Dis [Internet]. 2020;113(5):350-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2020.01.003> [citado 28 de diciembre de 2023]
19. Moridian P, Shoeibi A, Khodatars M, Jafari M, Pachori RB, Khadem A, et al. Automatic diagnosis of sleep apnea from biomedical signals using artificial intelligence techniques: Methods, challenges, and future works. WIREs Data Min Knowl Discov [Internet]. 2022;12(6):e1478. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/widm.1478> [citado 30 de diciembre de 2023]
20. Bandyopadhyay A, Goldstein C. Clinical applications of artificial intelligence in sleep medicine: a sleep clinician's perspective. Sleep Breath [Internet]. 2023;27(1):39-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11325-022-02592-4> [citado 30 de diciembre de 2023]
21. Goldstein CA, Berry RB, Kent DT, Kristo DA, Seixas AA, Redline S, et al. Artificial intelligence in sleep medicine: background and implications for clinicians. J Clin Sleep Med [Internet]. 2018;16(4):609-18. Disponible en: <https://doi.org/10.5664/jcsm.8388> [citado 30 de diciembre de 2023]
22. Montes R. Detección del síndrome de apnea obstructiva del sueño (saos) mediante un algoritmo de cómputo inteligente usando un electrocardiograma (ecg) [Internet]. Instituto Tecnológico de Apizaco. 2015. Disponible en: <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/722/1/33209-2015.pdf>
23. Santamaría CA, Astudillo OD. Roncopatía primaria y sus implicancias clínicas: Fin al paradigma de entidad inocua. Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello [Internet]. 2014;74(2):181-90. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162014000200014> [citado 30 de diciembre de 2023]
24. Garza-Garibay C. Uso del Cuestionario stop-bang para la determinación poblacional de apnea obstructiva del sueño en pacientes quirúrgicos. [Internet]. Universidad Autónoma de Nuevo León. 2017. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/19347> [citado 30 de diciembre de 2023]
25. Guerrero-Santiago JO. Prevalencia de riesgo para Síndrome de APNEA Obstructiva del Sueño en personal del Hospital General de Cuautitlan Gral. José Vicente Villada. Universidad Autónoma del Estado de México. 2013. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/13779/1/409917.pdf>
26. Juancho-Ramirez Y, Ustua-Fernandez M. Prevalencia del Apnea Obstructiva del Sueño y su relación con sobrepeso, obesidad en familiares mayor de 40 años de estudiantes de la UNID [Internet]. Universidad Interamericana para el Desarrollo; 2022. Disponible en: [http://repositorio.unid.edu.pe/bitstream/handle/unid/196/T117\\_70141794\\_T%20T117\\_43315766\\_T.pdf](http://repositorio.unid.edu.pe/bitstream/handle/unid/196/T117_70141794_T%20T117_43315766_T.pdf)
27. Herrera NO. Efectividad de la evaluación tridimensional de la vía aérea como diagnóstico complementario de Síndrome de apnea obstructiva del sueño [Internet]. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2021. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/7667> [citado 30 de diciembre de 2023]
28. Ñacato-Parapi MA. Síndrome de apnea-hipopnea obstructiva del sueño y su relación en el desarrollo de accidente cerebro vascular [Internet]. Universidad Central del Ecuador. 2021. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/23557/1/UCE-FCM-CPO-%C3%91ACATO%20MONICA.pdf>
29. Marco-Pitarch R. Eficacia y cambios anatómicos inducidos por los dispositivos de avance mandibular en pacientes con síndrome de apnea-hipopnea del sueño (SAHS). [Internet]. Universidad de Valencia. 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10550/52965> [citado 30 de diciembre de 2023]
30. Dios-Teigell S. Relación entre la obstrucción de la vía aérea, apnea del sueño, déficit de atención e hiperactividad y la oclusión dentaria en la población escolar [Internet]. Universidad Complutense de Madrid. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/10855> [citado 30 de diciembre de 2023]
31. Malagraba FE. Desórdenes respiratorios del sueño en niños: la importancia de incluir en la historia clínica un cuestionario para el diagnóstico del síndrome apnea obstructiva del sueño (SAOS) en el paciente pediátrico [Internet]. Universidad Nacional de La Plata. 2019. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/91169> [citado 30 de diciembre de 2023]
32. Huamani-Escudero PA. Estado de depresión y su relación con el síndrome de apnea obstructiva del sueño en estudiantes de terapia de la Universidad Privada Norbert Wiener-2021. [Internet]. Universidad Privada Norbert Wiener. 2021. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6500> [citado 30 de diciembre de 2023].

33. Calvo-Blanco J. Valoración tridimensional de la vía aérea superior en pacientes con Sahn portadores del dispositivo de avance mandibular (DAM) [Internet]. Universidad de Oviedo. 2014. Disponible en: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/29212> [citado 30 de diciembre de 2023]
34. Sepúlveda-Aguilar EO. Caracterización de hallazgos en la poligrafía respiratoria en pacientes con diagnóstico de apnea obstructiva del sueño del servicio de neumología del HGZ 30 [Internet]. Universidad Autónoma de Baja California; 2021 . Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12930/8077> [citado 30 de diciembre de 2023]
35. Grisman-Laverde JL, Castro-Contreras JN, Chiquillo-Marimon OY, Lopez-Perozo YC. Reporte de casos de alteraciones en los parámetros respiratorios y/o del sueño de mujeres embarazadas en su tercer trimestre reportados por polisomnografía, atendidas en la unidad materno-fetal del hospital Universitario Erasmo Meoz de la ciudad de Cúcuta, durante el primer semestre del año 2016. [Internet]. Universidad de Pamplona. 2017. Disponible en: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1056> [citado 30 de diciembre de 2023]
36. Pennings N, Golden L, Yashi K, Tondt J, Bays HE. Sleep-disordered breathing, sleep apnea, and other obesity-related sleep disorders: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement (CPS) 2022. *Obes Pillars* [Internet]. 2022;4:100043. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.obpill.2022.100043> [citado 30 de diciembre de 2023]
37. Sheta A, Turabieh H, Braik M, Surani SR. Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea Using Logistic Regression and Artificial Neural Networks Models. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2019* [Internet]. Cham: Springer International Publishing. 2020:766-84. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32520-6\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32520-6_56)
38. Emsaeili F, Sadrhaghghi A, Sadeghi-Shabestari M, Nastarin P, Niknafs A. Comparison of superior airway dimensions and cephalometric anatomic landmarks between 8–12-year-old children with obstructive sleep apnea and healthy children using CBCT images. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* [Internet]. 2022;16(1):18-23. Disponible en: <https://doi.org/10.34172%2Fjoddd.2022.003> [citado 30 de diciembre de 2023]
39. Monna F, Ben Messaoud R, Navarro N, Baillieul S, Sanchez L, Loiodice C, et al. Machine learning and geometric morphometrics to predict obstructive sleep apnea from 3D craniofacial scans. *Sleep Med* [Internet]. 2022;95:76-83. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.04.019> [citado 30 de diciembre de 2023]
40. Chen L, Li S, Bai Q, Yang J, Jiang S, Miao Y. Review of Image Classification Algorithms Based on Convolutional Neural Networks. *Remote Sens* [Internet]. 2021;13(22):4712. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs13224712> [citado 30 de diciembre de 2023]
41. De-Fazio R, Mattei V, Al-Naami B, De-Vittorio M, Visconti P. Methodologies and Wearable Devices to Monitor Biophysical Parameters Related to Sleep Dysfunctions: An Overview. *Micromachines* [Internet]. 2022;13(8):1335. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mi13081335> [citado 5 de enero de 2024]
42. Zhang S, Suresh L, Yang J, Zhang X, Tan SC. Augmenting Sensor Performance with Machine Learning Towards Smart Wearable Sensing Electronic Systems. *Adv Intell Syst* [Internet]. 2022;4(4):2100194. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/aisy.202100194> [citado 5 de enero de 2024]
43. Cay G, Ravichandran V, Sadhu S, Zisk AH, Salisbury AL, Solanki D, et al. Recent Advancement in Sleep Technologies: A Literature Review on Clinical Standards, Sensors, Apps, and AI Methods. *IEEE Access* [Internet]. 2022;10:104737-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3210518> [citado 5 de enero de 2024]
44. Zhao K, Jiang H, Wang Z, Chen P, Zhu B, Duan X. Long-Term Bowel Sound Monitoring and Segmentation by Wearable Devices and Convolutional Neural Networks. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst* [Internet]. 2020;14(5):985-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.3018711> [citado 5 de enero de 2024]
45. Islam B, Rahman MM, Ahmed T, Ahmed MY, Hasan MM, Nathan V, et al. BreathTrack: Detecting Regular Breathing Phases from Unannotated Acoustic Data Captured by a Smartphone. *Proc ACM Interact Mob Wearable Ubiquitous Technol* [Internet]. 2021;5(3):124:1-124:22. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3478123> [citado 5 de enero de 2024]