

Módulo 4. Interpretación de datos

El mejor punto de partida para interpretar los datos de dispositivos portátiles es examinar los patrones semanales. Esto puede proporcionar información útil sobre discrepancias significativas entre los horarios para acostarse y levantarse en días laborables y fines de semana, lo que es común en muchas personas.

Períodos significativos de inactividad durante el día podrían indicar momentos en que el dispositivo no se usó, por ejemplo, durante el baño o las rutinas de ejercicio. Ajustar la escala de actividad puede ser útil cuando los patrones de actividad son difíciles de interpretar.

Cuando se superponen con datos de fotómetros de dispositivos que registran niveles de luz, los horarios para acostarse a menudo se vuelven más claros. Generalmente, los fotómetros también capturan la salida y puesta del sol.

Al observar varias noches consecutivas, los registros pueden revelar anomalías circadianas, como el "ritmo libre", cuando una persona parece no tener un horario de sueño-vigilia sincronizado con los niveles de luz ambiente del entorno.

Los datos de etapas del sueño se pueden ver una noche a la vez, o durante períodos más largos para tener en cuenta los cambios de una noche a la siguiente. Sin embargo, es importante señalar que interpretar estos datos puede ser un desafío. No existen estándares publicados para determinar cuánta variabilidad en las etapas del sueño de una noche a otra se considera "normal". Los datos sobre cambios a largo plazo en la arquitectura del sueño pueden ser útiles, especialmente después de intervenciones, pero interpretar los valores "normales" es un desafío ya que actualmente no existen pautas al respecto.

Escepticismo y limitaciones

Escepticismo

Existen muchas concepciones erróneas sobre la confiabilidad de los datos de dispositivos portátiles para el sueño, y con razón: no solo los dispositivos pueden variar considerablemente en cuanto a su capacidad para aproximarse correctamente al sueño frente al estado de vigilia y al tiempo pasado en diversas etapas del sueño, sino que muchos dispositivos modernos evalúan estos parámetros utilizando algoritmos propietarios a los que investigadores, clínicos y consumidores no tienen acceso.

Dicho esto, los propios datos son casi tan buenos como la PSG en la detección de la continuidad del sueño, especialmente en personas sin trastornos del sueño. Es posible



que los dispositivos ponibles no puedan registrar el sueño tan exhaustivamente como la PSG, pero ofrecen muchas ventajas, como la posibilidad de utilizarlos en el entorno del hogar durante períodos prolongados a bajo costo tanto para los consumidores como para los investigadores.

"¿Y si no miden la actividad cerebral?"

Algunas críticas se basan en el hecho de que los dispositivos usados en la muñeca o los dedos no pueden medir la actividad cerebral. Sin embargo, existe una fuerte asociación entre el estado cerebral y el movimiento y la frecuencia cardíaca. Los dispositivos ponibles multimodales que también incorporan medidas como la conductancia de la piel son aún mejores para aproximar el comportamiento sueño-vigilia.

"No capturan los despertares nocturnos"

Estos dispositivos tienen dificultades en estimar el tiempo de latencia del inicio del sueño (SOL, por sus siglas en inglés) y el tiempo de vigilia después del inicio del sueño (WASO, por sus siglas en inglés). Sin embargo, aquí es donde comprender cómo puntuar manualmente de manera efectiva es esencial para aumentar la precisión. Utilizar diarios de sueño para ayudar con esto también es fundamental tanto en entornos de investigación como clínicos. En cuanto al WASO, es importante señalar que la PSG, a menudo, sobrestima estos despertares al capturar despertares menores que el paciente típicamente no registra conscientemente. Para las personas en riesgo de ortosomnia, los dispositivos ponibles pueden ser la mejor opción. En lugar de causar alarma y sugerir que la persona se despierta más de lo que cree, los dispositivos ponibles pueden, de hecho, subestimar estos despertares. A menos que se sospeche de apnea obstructiva del sueño (OSA, por sus siglas en inglés), los pacientes y participantes pueden estar tranquilos de que la percepción que ellos mismos reportan sobre la calidad del sueño sigue siendo, a menudo, la métrica preferida.

"No capturan la arquitectura del sueño"

Los dispositivos de actigrafía tienen un rendimiento relativamente deficiente en comparación con la PSG en la captura de la arquitectura del sueño, pero estos datos pueden ser útiles. Sin embargo, es importante que, al interpretar los datos, el clínico o investigador coloque estas medidas dentro de un contexto más amplio. Antes y después de una intervención, cambios significativos en la arquitectura pueden ser útiles, pero generalmente esto se captura con la PSG o en entornos de laboratorio muy controlados. Quizás no sea muy útil aproximar las etapas del sueño fuera del laboratorio hasta que las pautas implementadas sugieran qué se puede hacer con esa información

"La actigrafía no mide el sueño directamente"

Algunas personas sienten que la actigrafía no es una medida directa del sueño, pero es importante tener en cuenta que la PSG tampoco lo es. Esta última puede ser el estándar de referencia, pero ambas simplemente miden diferentes procesos fisiológicos que tienen lugar cuando el comportamiento sugiere que está ocurriendo el sueño. También es importante señalar que ni la PSG ni la actigrafía capturan la autopercepción del sueño, que es valioso tanto en la clínica como en la investigación.

"Pueden no ser precisos"

Al igual que cualquier equipo que tenga períodos prolongados de inactividad entre usos, los dispositivos de actigrafía deben calibrarse en intervalos regulares, como una vez al año o antes de su uso en un nuevo estudio o práctica clínica.

"¿Y los algoritmos?"

Los algoritmos están en constante evolución y tienden a adaptarse a dispositivos específicos disponibles en el mercado actual. Sin embargo, es importante señalar que los datos de validación basados en versiones de algoritmos anteriores pueden no aplicarse a las versiones más nuevas disponibles en la actualidad.

"Los dispositivos más nuevos son siempre mejores"

Es fácil asumir que los dispositivos más nuevos en el mercado tienen el mejor rendimiento, pero esto no siempre es cierto. Las actigrafías más nuevas pueden no alcanzar el mismo nivel de concordancia (Kripke et al., 2010). También hay muchas otras consideraciones de uso para los dispositivos nuevos, como las descritas en otros lugares de este libro, que incluyen la duración de la batería, las capacidades de almacenamiento en la nube y si los algoritmos son propietarios o de acceso abierto.

"La actigrafía de cadera es lo mismo"

La actigrafía de cadera se utiliza comúnmente para investigaciones sobre la actividad física. Cuando esta actigrafía se lleva en la muñeca, no tiene un rendimiento tan bueno, pero es algo que se puede comparar (Weiss et al., 2010).

"La actigrafía es igual en el laboratorio"

Estudios de validación más antiguos de dispositivos portables para el sueño sugerían que para realizar una comparación exhaustiva con la PSG, la actigrafía debe usarse en un entorno de laboratorio. Si bien esto puede ser cierto, generalmente la PSG se realiza solo durante una o unas pocas noches consecutivas. Los datos de actigrafía requieren un uso a largo plazo de una semana o más para capturar la variabilidad de una noche a otra y aproximar mejor el sueño, especialmente cuando se utiliza el aprendizaje automático para mejorar los algoritmos mientras el usuario lleva el dispositivo. Por lo tanto, los



dispositivos de actigrafía podrían usarse durante la PSG en el laboratorio, pero deberían seguir usándose en el entorno del hogar durante un período de tiempo posterior.

"Los dispositivos comerciales son juguetes, no herramientas"

Existe cierta reticencia a usar dispositivos comerciales por temor a que sean menos precisos que la actigrafía. Estos están dirigidos a investigadores y clínicos. Sin embargo, algunos de estos dispositivos más nuevos superan a la actigrafía estándar, como se muestra en la imagen 2 (Chinoy et al., 2021).

"Los datos de las etapas del sueño no tienen valor"

Si bien estos dispositivos son menos precisos que la PSG para aproximar las etapas del sueño, puede haber algún valor en el monitoreo a largo plazo de estos datos, especialmente a medida que los dispositivos multimodales comienzan a capturar mejor esta información.

"Las aplicaciones para el sueño funcionan igual que la actigrafía"

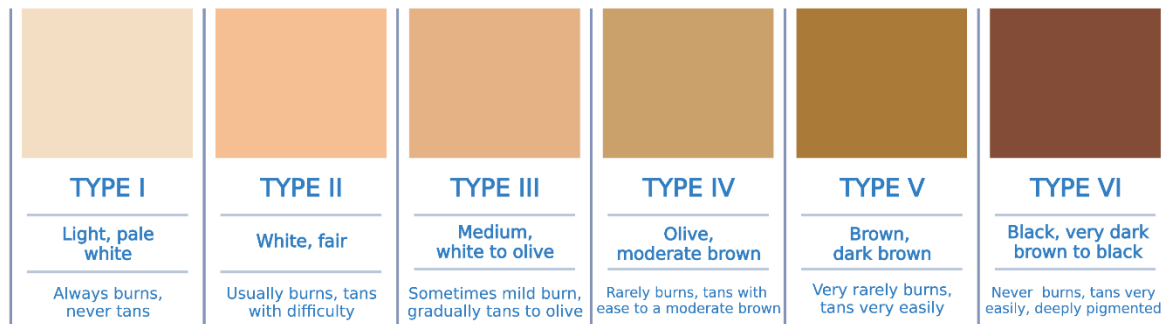
Finalmente, las aplicaciones de seguimiento del sueño con dispositivos móviles están ganando popularidad, pero ninguna de ellas está validada todavía; por lo tanto, pueden informar datos inexactos a los usuarios. Los teléfonos móviles suelen contener chips SMEM que son menos sensibles que los diseñados para dispositivos de actigrafía y tienden a tener un rendimiento deficiente en la detección del sueño frente al estado de vigilia.

Limitaciones

Existen posibles problemas con la actigrafía, según la tecnología actual, para medir con precisión la frecuencia cardíaca en tonos de piel más oscuros o en individuos obesos. El sensor PPG utiliza luz para evaluar la reflectancia a través de la piel, pero no toda la piel absorbe uniformemente la luz. La obesidad se asocia con un aumento de grasa en la piel y diferencias en la dinámica de la humedad y el flujo sanguíneo. Por lo tanto, esto altera cómo la luz absorbida por la piel interactuará con el sistema vascular. El tono de piel afecta el grado de absorción de diferentes longitudes de onda de luz. La Escala Fitzpatrick se utiliza para representar estas diferencias, con individuos categorizados en uno de los seis tipos (Imagen 1).

Imagen 1: La escala Fitzpatrick

The Fitzpatrick Scale



Fuente: Sutton Dermatology + Aesthetics, 2016, <https://bit.ly/3I30bXX>

The Fitzpatrick scale	La escala Fitzpatrick
Type I Light, pale white. Always burns, never tans	Tipo I blanca pálida. Siempre se quema, nunca se broncea.
Type II white, fair. Usually burns, tans poorly.	Tipo II blanca. Normalmente se quema, casi no se broncea.
Type III medium, white to olive. Sometimes mild burn, gradually tans to olive	Tipo III medio, blanco a oliva. Puede broncearse levemente, se broncea gradualmente a oliva.
Type IV olive, moderate brown. Rarely burns, tans with ease to a moderate brown	Tipo IV oliva, marrón claro. Casi nunca se quema, se broncea con facilidad a un marrón un poco más oscuro.
Type V Brown, dark brown. Very rarely burns, tans very easy	Tipo V marrón, marrón oscuro. Es muy extraño que se quemara, se broncea con facilidad.
Type VI Black, very dark brown to black. Never burns, tans very easily, deeply pigmented	Tipo VI Negra, marrón muy oscura a negra. Nunca se quema, se broncea con mucha facilidad, mucha pigmentación.

Un estudio de 2021 comparó los dispositivos Apple, Fitbit y Polar en términos de absorción de luz entre individuos obesos y no obesos, así como aquellos con tonos de piel claros y oscuros. La relación AC/DC es el rango de la amplitud de la señal dividido por el valor mínimo. Caracteriza la pulsación de la señal. Una persona con obesidad mórbida y un tono de piel tipo 6 (muy oscuro) tiene un rango de reflectancia reducido en comparación con alguien que no es obeso y tiene piel clara. Los estudios, especialmente aquellos que evalúan disparidades de salud o incluyen participantes con diversos tonos de piel, deben considerar estas limitaciones.

Los tatuajes también pueden plantear un problema para quienes usan estos dispositivos. La oximetría de pulso debe realizarse en uñas sin esmalte para obtener una lectura precisa. Los pigmentos de tinta en la piel tienen el potencial de alterar drásticamente la reflectancia PPG.



Aprendizajes en actigrafía y tecnología de otras poblaciones

Ciclo de vida

La actigrafía se ha utilizado ampliamente en poblaciones pediátricas debido a que presenta fortalezas únicas que la hacen eficaz para medir el sueño en este grupo etario. Los niños a menudo son sensibles a los cambios en el entorno y pueden tener dificultades para dormir en un laboratorio. El equipo utilizado para la PSG también puede causar perturbaciones que impiden que los niños puedan relajarse.

Varios estudios han evaluado el rendimiento de la actigrafía en infantes, niños pequeños, niños y adolescentes (Hyde et al., 2007; Sadeh et al., 1995; Sadeh et al., 1991). Los algoritmos de puntuación utilizados en estos estudios son generalmente similares al de Cole-Kripke, y aunque son efectivos para detectar el sueño, son menos capaces de detectar despertares nocturnos sin movimiento.

Lisa Meltzer, especialista en medicina del sueño conductual pediátrico en el National Jewish Health, y sus colegas evaluaron sistemáticamente diferentes algoritmos utilizados en dos dispositivos con diferentes métodos de puntuación (Meltzer et al., 2012). Al comparar el Ambulatory Monitoring Inc. Motionlogger Sleep Watch (AMI) y el Phillips Respironics Mini-Mitter Actiwatch-2 (PRMM), encontraron que ambos dispositivos sobreestimaron significativamente el tiempo de vigilia después del inicio del sueño (WASO), pero tendieron a concordar en otras medidas de sueño, excepto entre los preescolares.

Hay otras cosas para tener en cuenta al utilizar la actigrafía en poblaciones pediátricas. El sexo y el desarrollo puberal pueden dar lugar a ciertas diferencias en el comportamiento del sueño. Por ejemplo, los dispositivos pueden ser menos precisos entre los niños que muestran más movimiento durante el sueño en esta etapa del desarrollo (Short et al., 2012).

Las reglas de puntuación también pueden ser problemáticas en poblaciones pediátricas. Estas son reglas que estandarizan cuántos minutos de movilidad deben requerirse antes de registrar el sueño, y pueden variar desde menos de 5 minutos hasta 15 minutos o más. Las reglas más estrictas pueden dictar que se requieren 15 minutos de inmovilidad antes de informar el inicio del sueño, mientras que las reglas más laxas pueden permitir tan solo 3 minutos antes de marcar el inicio del sueño. A menudo, también se requiere la puntuación manual para tener en cuenta matices individuales (Meltzer et al., 2011).

Además de registrar el sueño, la actigrafía puede ser útil entre los adolescentes para registrar los ritmos de actividad. Un estudio en adultos jóvenes (18-25 años) evaluó cómo los patrones de actividad a lo largo de las 24 horas del día pueden usarse para predecir

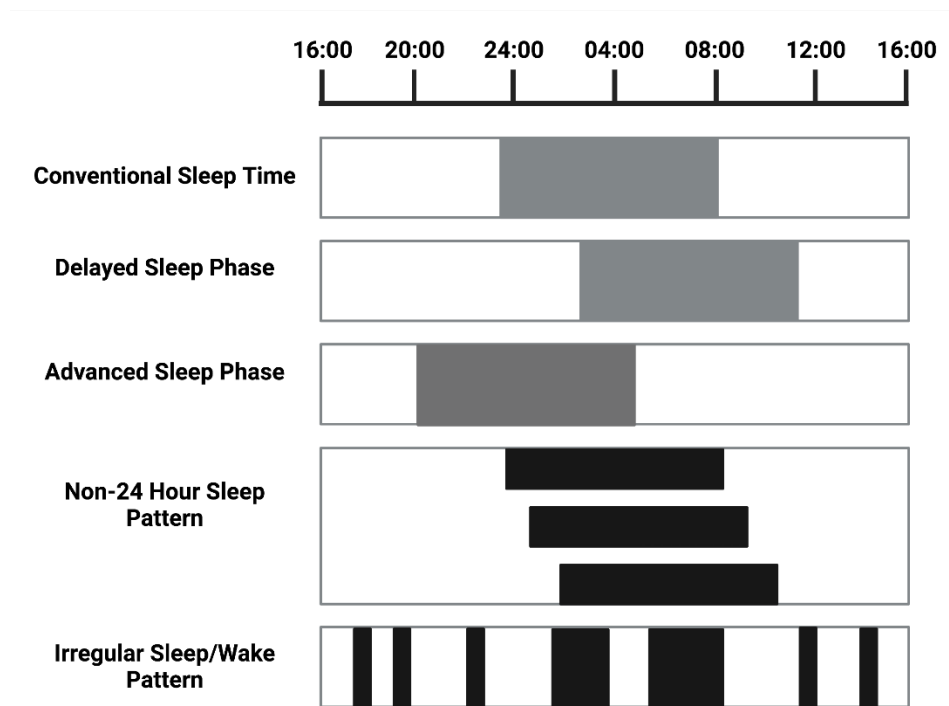


factores de riesgo cardiovascular (Hoopes et al., 2021). Una mayor estabilidad en los patrones de actividad a lo largo de varios días se consideró más cardioprotectora.

Poblaciones especiales

Entre los adultos, la actigrafía puede utilizarse para diversas poblaciones especiales en las que la PSG por sí sola no puede capturar los patrones habituales de sueño-vigilia, o para quienes la PSG no es adecuada. La primera de estas poblaciones son los trabajadores por turnos o las personas con ritmo no estándar de 24 horas. La actigrafía también puede ser útil para detectar anomalías circadianas que, de otro modo, podrían ser etiquetadas como un sueño corto después de una sola noche de PSG (Figura 2).

Imagen 2: Actigrafía para anomalías circadianas



Fuente: [Imagen sin título de anomalías circadianas], s. f., <https://bit.ly/3GsTLA6>

Conventional sleep time	Hora convencional de sueño
Delayed sleep phase	Fase tardía del sueño
Advanced sleep phase	Fase avanzada del sueño
Non-24 hours sleep pattern	Patrón de sueño que no es de 24 horas
Irregular sleep/wake pattern	Patrones irregulares de sueño/vigilia

La actigrafía también puede utilizarse en las mujeres embarazadas que pueden tener horarios no estándar de sueño-vigilia, incluidas las siestas durante el día. Los dispositivos ponibles son una forma no invasiva de rastrear la salud del sueño y pueden utilizarse para

detectar trastornos del sueño, como el empeoramiento de la respiración con trastornos del sueño, sin necesidad de una evaluación en laboratorio (Vietheer et al., 2021).

También entre las mujeres, la actigrafía puede utilizarse para hacer un seguimiento de los cambios en el sueño a lo largo del ciclo menstrual. Ahora está bien documentado que muchas mujeres experimentan cambios en la arquitectura del sueño, así como una calidad de sueño deteriorada en momentos específicos durante el ciclo menstrual (Baker & Lee, 2018). La actigrafía puede ser una herramienta útil para rastrear la variabilidad en los patrones de sueño mes a mes y en la actividad diaria.

Entre los adultos mayores, existen beneficios y consideraciones especiales para el uso de la actigrafía. La PSG puede ser difícil de realizar en esta población debido a la mayor sensibilidad a entornos no familiares y a la sensibilidad cutánea aumentada en la vejez. La actigrafía ofrece una alternativa mínimamente invasiva que captura la variabilidad de una noche a otra. También puede utilizarse en hogares de ancianos y tener en cuenta los cambios en el sueño que ocurren con frecuencia en la vejez, como cambios en las fases del sueño y un aumento en las siestas diurnas.

Un estudio de 2001 evaluó la eficacia de la actigrafía en 39 adultos mayores (de 51 a 77 años) y encontró que esta técnica tenía una buena concordancia con la PSG (Jean-Louis et al., 2001) (Tabla 1).

Tabla 1: Eficacia de la actigrafía en adultos mayores

	Parámetro	Actímetro, (SD)	media PSG, (SD)	Error de medición		
				media	ME	CI
Intervalo en la cama	TST (mins)	370 (82)	391 (92)	-21	(-32,-11)	0,98
	SP (%)	82 (9)	86 (10)	-4	(-7,-3)	91
Intervalo de 24 h	TST (mins)	477 (116)	440 (110)	37	10,64)	0,88
	SP (%)	35 (7)	33 (7)	2	1,5)	0,83
<i>Recodificado con Reglas de Webster</i>						
Intervalo en la cama	TST (mins)	359 (84)	391 (92)	-32	(-43,-22)	0,97



	SP (%)	79 (10)	86 (10)	-7	(-9,-5)	0,91
Intervalo de 24 h	TST (mins)	439 (109)	440 (110)	-1	-24,23)	0,9
	SP (%)	33 (7)	33 (7)	0	-2,2)	0,86

Fuente: Jean-Louis et al., 2001. Nota Abreviaturas: TST, tiempo total de sueño, SP, porcentaje de sueño

Uso en trastornos del sueño

Insomnio

El insomnio es el trastorno del sueño más común. Aproximadamente el 30% de las personas experimentan síntomas de insomnio y se estima que el 10% cumple con los criterios de diagnóstico. El insomnio se caracteriza por dificultad para iniciar o mantener el sueño. Los clínicos suelen utilizar la regla 30/30/3 al diagnosticar a los pacientes. Si una persona tarda al menos 30 minutos en quedarse dormida, o está despierta al menos 30 minutos durante la noche durante al menos tres noches por semana, podría sufrir de insomnio.

El insomnio, y por lo tanto la corta duración del sueño o el sueño altamente fragmentado, se asocia con numerosas consecuencias adversas, incluyendo trastornos psiquiátricos, función cognitiva deteriorada, tolerancia a la glucosa y sensibilidad a la insulina deterioradas, inflamación sistémica aumentada. Todas ellas pueden causar la muerte (Grandner y Malhotra, 2017). Si bien las intervenciones conductuales y farmacológicas pueden ser muy efectivas en el tratamiento del insomnio, el uso de la actigrafía en el contexto de diagnósticos de insomnio o la medición de la eficacia de las intervenciones en estas poblaciones ha sido un desafío.

El insomnio se caracteriza por períodos de vigilia durante un episodio en que se desea el sueño. Esto suele ocurrir en la cama, durante la noche, e implica períodos prolongados de falta de movimiento. Esto plantea un problema para los dispositivos ponibles que registran solo el movimiento, ya que tienen un rendimiento deficiente para capturar esta vigilia tranquila.

Los dispositivos multisensoriales que registran la frecuencia cardíaca pueden rastrear mejor la vigilia tranquila. El estrés que puede acompañar al insomnio puede aumentar la actividad simpática, elevando la frecuencia cardíaca, de modo que, aunque el movimiento pueda estar ausente durante períodos prolongados, la frecuencia cardíaca estará elevada en comparación con los niveles típicos observados durante el sueño. Los dispositivos que también incorporan la conductancia de la piel pueden capturar aún más ventanas nocturnas de tono simpático, entonces estiman el sueño con mayor precisión.

Cuando se utilizan dispositivos portátiles para pacientes con insomnio, los algoritmos estándar a menudo presentan problemas. Por lo tanto, los algoritmos que pueden adaptarse a estos individuos serán capaces de capturar mejor la vigilia nocturna. Los diarios de sueño también son muy recomendados para capturar discrepancias entre los informes subjetivos y objetivos del sueño.

Un estudio de 2006 comparó la actigrafía con la PSG en personas con trastorno de insomnio (Lichstein et al., 2006). Los dispositivos de actigrafía funcionaron bien al capturar el tiempo total de sueño, el número y la duración de los despertares nocturnos y la eficiencia del sueño, pero tuvieron un rendimiento deficiente en términos de aproximar con precisión la latencia del sueño en comparación con los diarios de sueño. Es importante tener en cuenta que la PSG también tiene dificultades para estimar la latencia del sueño.

Aunque existen desafíos al detectar el insomnio y otras formas de vigilia nocturna independientemente de la edad, la actigrafía tiene un rendimiento menos eficiente al capturar el insomnio en adultos mayores (Levenson et al., 2013). Esto se debe a que es bastante normal en la vejez que las personas experimenten una mayor fragmentación del sueño y estén más tiempo despiertas durante la noche. La secreción de melatonina tiende a disminuir en la vejez y puede provocar dificultades para mantener el sueño. Por esta razón, los diarios de sueño son esenciales para los investigadores y clínicos que trabajan con personas de este grupo etario.

Una serie de estudios comparó la eficacia de Fitbit y Actiwatch para medir el insomnio, en comparación con la PSG (Kahawage et al., 2020). El Fitbit tuvo un rendimiento más deficiente al capturar el tiempo despierto después del inicio del sueño (WASO). El Actiwatch tuvo un rendimiento más deficiente en todas las medidas, incluida la eficiencia del sueño, el tiempo total de sueño, la latencia del sueño y el WASO.

Cuando estos dos dispositivos fueron utilizados para estimar la arquitectura del sueño, tuvieron un rendimiento más deficiente al capturar el sueño ligero, con una especificidad del 58,77%. Esto significa que más del 40% del sueño ligero reportado podría haber sido puntuado incorrectamente.

Ambos dispositivos mostraron alta sensibilidad y especificidad moderada a baja para diferenciar entre sueño y vigilia. Ambos tendieron a sobreestimar el sueño en comparación con la PSG. Sin embargo, el Fitbit fue mucho mejor en detectar la vigilia. En un estudio de seguimiento que comparó estas puntuaciones objetivas con los datos del diario de sueño, los investigadores encontraron que los dispositivos portátiles no diferían entre sí a lo largo de dos semanas en un entorno doméstico antes y después de intervenciones de medicina conductual del sueño. La concordancia no difería entre los dispositivos en cuanto al tiempo total de sueño, la eficiencia del sueño o el WASO, pero sí



en la latencia del sueño, donde se volvieron más concordantes después de la intervención.

Ambos dispositivos fueron capaces de detectar cambios en el sueño a lo largo de la intervención, y se encontró la misma discrepancia tanto en un entorno de laboratorio controlado como cuando se usaron en casa (Hamill et al., 2020).

Los dispositivos portables pueden ser utilizados por personas con sospecha o diagnóstico de insomnio, pero siempre deben ser usados con un diario de sueño para estimar mejor la latencia del sueño y WASO. Siempre se prefieren los dispositivos multisensoriales, ya que el movimiento por sí solo es un mal predictor del insomnio.

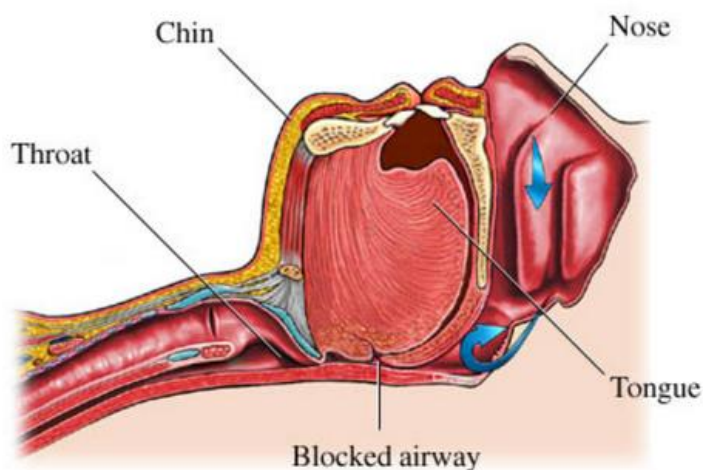
La apnea del sueño

La apnea del sueño es un trastorno común caracterizado por pausas en la respiración durante el sueño. Esto provoca hipoxia intermitente y se asocia con ronquidos y sobresaltos. Las personas con apnea del sueño suelen informar una mala calidad del sueño, fatiga durante el día y, si no se trata, esto puede causar cambios craneofaciales. La apnea del sueño suele estar asociada con el aumento de peso y el síndrome metabólico, y aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, trastornos endocrinos y función diurna deteriorada (Zamarrón et al., 2008).

Se utiliza un índice de apneas-hipopneas (IAH) como herramienta de diagnóstico para determinar la gravedad de la apnea del sueño, si está presente. Las apneas son pausas en la respiración, mientras que las hipopneas se caracterizan por un colapso parcial de las vías respiratorias que resulta en una respiración superficial. Las personas con casos leves de apnea del sueño pueden tener entre 5 y 15 de estos eventos por hora, mientras que aquellos con trastornos graves del sueño pueden tener más de 30 eventos por hora.

El sueño de onda lenta está asociado con una relajación profunda de los músculos, lo que puede empeorar los ronquidos y los sobresaltos que ocurren durante la apnea del sueño debido al estrechamiento de las vías respiratorias. Los datos de la etapa del sueño pueden ser difíciles de aproximar en estas personas.

Imagen 3: Apnea-hipopnea



Fuente: National Heart, Lung, and Blood Institute, (n.d.), <https://bit.ly/3WrOTAV>

Chin	Mentón
Nose	Nariz
Tongue	Lengua
Blocked airway	Vía aérea bloqueada
Throat	Garganta

Los dispositivos de actigrafía estándar tienen limitaciones para detectar la apnea del sueño y pueden predecir la arquitectura del sueño con menos precisión que en poblaciones sin apnea. Sin embargo, algunos estudios han demostrado hallazgos que sugieren que puede haber lugar para estas tecnologías en la investigación.

En los estudios de validación que compararon la actigrafía con la PSG utilizando los algoritmos Cole-Kripke, Sadeh y UCSD (Jean-Louis), la mayoría de las discrepancias variaron en menos de 30 minutos. Se encontró que los algoritmos Cole-Kripke y UCSD eran comparables y más efectivos que el algoritmo Sadeh (Tabla 2). En un subgrupo de participantes con apnea del sueño analizados utilizando el algoritmo UCSD, se mantuvo la mayoría de las discrepancias de menos de 30 minutos (Tabla 3).

Tabla 2: Cole-Kripke versus Sadeh versus UCSD

	≤ 30 min	30-60 min	60-90 min	> 90 min
Cole-Kripke	57	16	15	13
Sadeh	41	21	13	26
UCSD	56	20	14	11

Fuente: Jean-Louis et al., 2001. Nota. Abreviaturas: TST, tiempo total de sueño, SP, porcentaje de sueño

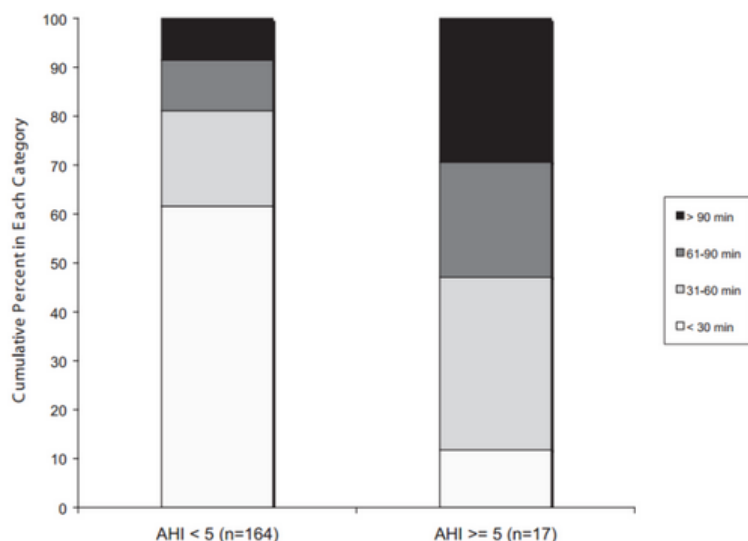
Tabla 3: Cole-Kripke versus Sadeh versus UCSD en participantes con apnea del sueño

	<u>≤</u> 30 min	30-60 min	60-90 min	> 90 min
Leve	16	3	2	2
Moderado	23	8	5	1
Severo	17	9	7	8

Fuente: Jean-Louis et al., 2001. Nota. Abreviaturas: TST, tiempo total de sueño, SP, porcentaje de sueño

Esto tiende a ser más difícil de estimar en la apnea del sueño pediátrica (Johnson et al., 2007). Aproximadamente la mitad de los registros en un estudio de 2007 difirieron en más de una hora de la PSG (imagen 4).

Imagen 4: Categorías de diferencia absoluta en TST entre PSG y actigrafía por categoría de IA



Fuente: Johnson et al., 2007, p. 904

Cumulative percent in each category	Porcentaje acumulativo en cada categoría
Min	Min

Los dispositivos de prueba de sueño en el hogar son cada vez más comunes y generalmente miden eventos respiratorios durante el sueño. La limitación clave de estos

dispositivos, sin embargo, es que no miden el sueño. Estos se pueden utilizar junto con la actigrafía para capturar mejor el comportamiento sueño-vigilia; de todos modos, es importante señalar que, en el caso de la apnea del sueño, puede que no sea necesario. Las apneas solo ocurren durante el sueño y, en un estudio de 2007 que comparó los puntajes de sensibilidad y especificidad de las pruebas de apnea en el hogar con y sin actigrafía, no hubo beneficios medibles (Sánchez-Armengol et al., 2007).

En este punto, la actigrafía no se puede utilizar para estimar el IAH. Esto se debe a que no existe una señal de movimiento específica para los despertares que son causados específicamente por eventos respiratorios. Un estudio de 2010 comparó un índice de fragmentación medido a través de la actigrafía con los despertares según la PSG. Encontraron que el uso de fragmentaciones por sí solo no capturaba de manera efectiva la respiración alterada durante el sueño en su muestra (O'Driscoll et al., 2010).

Los dispositivos multisensoriales que también capturan la saturación de oxígeno pueden ser útiles en el futuro para medir la hipoxia intermitente que ocurre durante la apnea del sueño. Mientras tanto, los cambios en el sueño se pueden rastrear. Existe una buena concordancia entre PSG y la actigrafía en pacientes con este trastorno (Otake et al., 2011).

Trastornos del ritmo circadiano

La actigrafía puede ser útil para diagnosticar trastornos del ritmo circadiano, como una fase del sueño adelantada o retrasada, o patrones de 24 horas sin dormir que ocurren en escenarios del mundo real. Estos dispositivos también pueden capturar el jet-lag social, término utilizado para describir diferencias significativas en el momento del sueño entre los días laborables y los fines de semana.

La exposición a la luz ambiente desempeña un papel significativo en la sincronización circadiana del cerebro humano con el ciclo claro-oscuro de la noche y el día. Si bien es normal que ocurran cambios en el momento circadiano durante la vida, como una fase retrasada durante la adolescencia y una fase avanzada en la vejez, los trastornos circadianos del sueño pueden ocurrir entre personas expuestas a una luz tenue durante el día y una luz brillante durante la noche. Los dispositivos de actigrafía que también capturan la luz pueden ser útiles para determinar si el momento del sueño está relacionado con la exposición a la luz. Esto puede ser particularmente problemático en hospitales y hogares de ancianos, donde las personas pueden estar adentro durante gran parte del día y expuestas a luces brillantes en la noche.

El síndrome de las piernas inquietas

El síndrome de piernas inquietas (SPI) es un trastorno caracterizado por un fuerte deseo de mover las piernas que suele empeorar por la noche. A menudo se describe como una



sensación desagradable que puede manifestarse como un hormigueo, tirantez, picazón, cosquilleo, ardor o dolor debajo de la piel, y también puede ocurrir en los brazos.

El SPI tiende a empeorar durante la inactividad y el reposo, y los movimientos periódicos de las extremidades son comúnmente comórbidos con este trastorno. Estos movimientos repetitivos ocurren cada 20 a 40 segundos, con breves espasmos musculares que pueden contribuir al insomnio crónico y la fatiga durante el día.

Los movimientos periódicos de las extremidades a veces pueden ser un indicador de una afección médica grave como enfermedad renal, diabetes o anemia. Frecuentemente se tratan con benzodiazepinas, agonistas de la dopamina, anticonvulsivantes u otros agonistas del ácido gamma-aminobutírico (GABA).

La actigrafía se puede usar específicamente en las piernas, pero el dispositivo debe ser muy sensible. Los dispositivos de actigrafía regulares calibrados para el uso normal en la muñeca son inadecuados para detectar el SPI o los movimientos periódicos de las extremidades. Sin embargo, pueden ser calibrados para este fin.

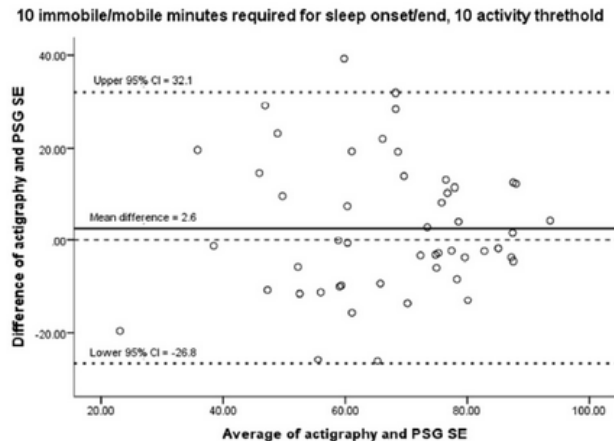
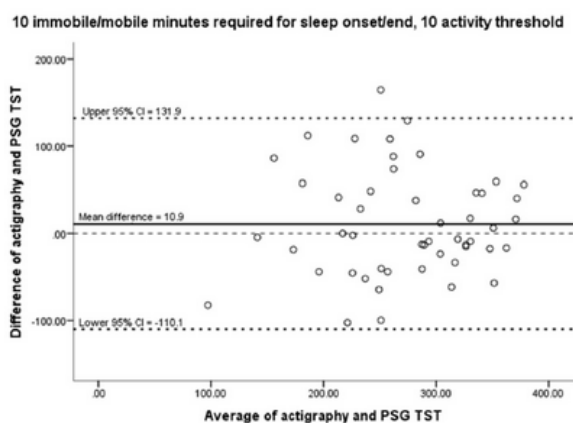
Uso en poblaciones especiales

La actigrafía puede tener un lugar único entre las poblaciones especiales. En las unidades de cuidados intensivos (UCI), la PSG es prácticamente imposible debido a que estos pacientes necesitan permanecer en cama todo el día. En un estudio que evaluó los ritmos de actividad de descanso en la UCI, se encontró que los pacientes mayores, con ventilación mecánica, sedados, sujetos y con puntajes más altos de fallo orgánico tenían una mayor desalineación de la actividad de descanso con su ritmo circadiano. Aproximadamente el 9% de los pacientes no tenían ritmos circadianos detectables.

Los datos de entornos especiales como las UCI pueden ser útiles para los hospitales que desean mejorar las condiciones de las salas, considerando la importancia de la exposición estratégica a la luz como regulador del ritmo circadiano para los pacientes que deben permanecer allí durante períodos prolongados.

Los dispositivos ponibles pueden ser relativamente precisos para medir los patrones de sueño-vigilia en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), una enfermedad pulmonar inflamatoria crónica. Un estudio de 2017 indicó que cuando la puntuación se basaba en 10 minutos de inmovilidad y un umbral de actividad de 10, había una buena predicción del tiempo total de sueño y la eficiencia del sueño en relación con la PSG (Kapella et al., 2017) (imagen 5).

Imagen 5: Actigrafía de medición de patrones de sueño-vigilia en pacientes con EPOC



Fuente: Kapella et al., 2017, pp. 127-128

10 immobile/mobile minutes required for sleep onset/end, 10 activity thresholds	10 minutos inmóviles/móviles requeridos para el inicio/finalización del sueño, 10 umbrales de actividad.
Difference of actigraphy and PSG TST	Diferencia entre TST de la actigrafía y la PSG.
Average of actigraphy and PSG TST	Promedio entre TST de la actigrafía y la PSG.
Upper	Superior
Mean difference	Diferencia promedio
Lower	Inferior

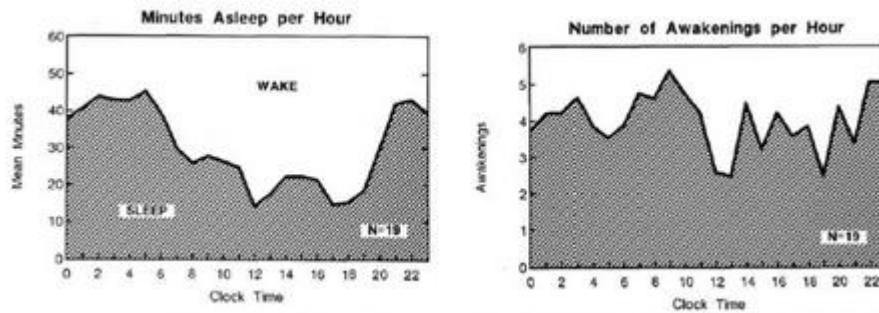
Los residentes de hogares de ancianos tienden a tener niveles de sueño diurno por encima del promedio. Los dispositivos de actigrafía usados de manera continua pueden ser útiles para rastrear el comportamiento sueño-vigilia en estas poblaciones. Un estudio de 2006 indicó que los residentes tenían una puntuación de eficiencia del sueño del 60% durante las horas nocturnas (de 10 pm a 6 am) y el 72% tenía perturbaciones del sueño nocturno (Martin et al., 2006).

Las personas que experimentaban más sueño diurno tenían más probabilidades de tener un mayor número de comorbilidades médicas, más tiempo en la cama, menos participación en actividades físicas y sociales, y tendían a necesitar más ayuda con tareas rutinarias como el baño y el aseo. Los dispositivos de actigrafía también revelaron que, en promedio, la exposición diaria a la luz brillante duraba apenas unos 10 minutos.

Entre los residentes con demencia, que tienden a tener altos niveles de sueño diurno, los datos de actigrafía mostrarán la detección de sueño-vigilia que de otra manera no podría medirse, ya sea a través de PSG o de diarios de sueño. Un estudio mostró que no había una sola hora del día entre estos residentes en la que estuvieran completamente despiertos o dormidos (Jacobs et al., 1989) (imagen 6).

Imagen 6: Actigrafía en participantes con demencia





Fuente: Arnal et al., 1989.

Number asleep per hour	Cantidad de sueño por hora
Number of awakenings per hour	Cantidad de vigilia por hora
Clock time	Horas reloj
Mean minutes	Promedio de minutos
Wake	Vigilia
Awakenings	Despertares

Indicaciones futuras

Ir más allá de las métricas tradicionales puede ser la mejor manera de capturar el comportamiento sueño-vigilia en el mundo real. Las tecnologías de evaluación del sueño posibles generalmente buscan replicar las medidas de PSG; sin embargo, aunque es el estándar de oro, no está validado frente a ninguna otra herramienta para medir el sueño. Las pérdidas inherentes de precisión o sesgos asociados con PSG se incorporan en todos los estudios de validación en los dispositivos posibles modernos.

Las etapas del sueño son una manifestación de patrones de actividad cortical sin potencial de acción promedio en el tiempo y el espacio. Esta actividad se divide en una de varias categorías en las que los evaluadores deben estar en acuerdo general y sirven como estimaciones de varios tipos de sueño. Al desarrollar otras señales, los investigadores pueden obtener una mejor comprensión de las funciones y comportamientos del sueño que aún son desconocidos.

Los dispositivos posibles capturan el comportamiento sueño-vigilia en condiciones de vida libre fuera del laboratorio. Esto ofrece muchos beneficios importantes, como se muestra a lo largo de este módulo. Al aprovechar estas capacidades, en particular la recopilación de datos que no se pueden recordar fácilmente, estos dispositivos pueden ofrecer nuevas medidas que mejoren la gestión de la atención médica y evalúen mejor la eficacia de las intervenciones. Esto puede incluir la interfaz de estos dispositivos con dispositivos domésticos inteligentes o sensores colocados en el entorno del hogar que se relacionan con los ritmos generales de actividad.



Algunas evidencias sugieren que la "tapigrafía" puede ser una alternativa útil para aproximar el estado de vigilia frente al sueño. Este término se refiere a las interacciones de una persona con su dispositivo móvil como un medio para predecir los períodos de vigilia. Esta es una aplicación interesante de los dispositivos móviles, que a menudo se utilizan hasta justo antes de acostarse y al despertar por la mañana (Borger et al., 2019).

En lugar de los dispositivos ponibles, los "audífonos inteligentes" son aquellos que se insertan en el oído y están equipados con un electrodo de EEG para indicar cambios en el sueño frente a la vigilia. En un estudio de 2020, 22 participantes sanos utilizaron audífonos EEG mientras dormían con PSG completa (Nakamura et al., 2020). El sensor del audífono tuvo una precisión del 74%.

Como se mencionó anteriormente, las camas inteligentes ofrecen una forma discreta de rastrear el movimiento durante el sueño y algún día podrían interactuar con dispositivos ponibles para aproximar mejor el comportamiento sueño-vigilia. Utilizados por sí solos, los sensores en la cama no capturan los ritmos de 24 horas; sin embargo, los más sensibles tienen el potencial de registrar con precisión movimientos periódicos de las extremidades, piernas inquietas, así como la respiración y la frecuencia cardíaca. La naturaleza estacionaria de estos dispositivos también reduce el riesgo de pérdida de datos por falta de batería. Los sensores en la cama pueden estar conectados y recopilar datos de manera continua sin necesidad de carga.

La interfaz de dispositivos ponibles con tecnologías de hogares inteligentes ofrece posibilidades infinitas. Por ejemplo, si una persona se queda dormida y olvida cerrar la puerta principal, el sensor portátil podría activar un comando para solucionar esto, además de asegurarse de que la cocina esté apagada o apagar las luces.

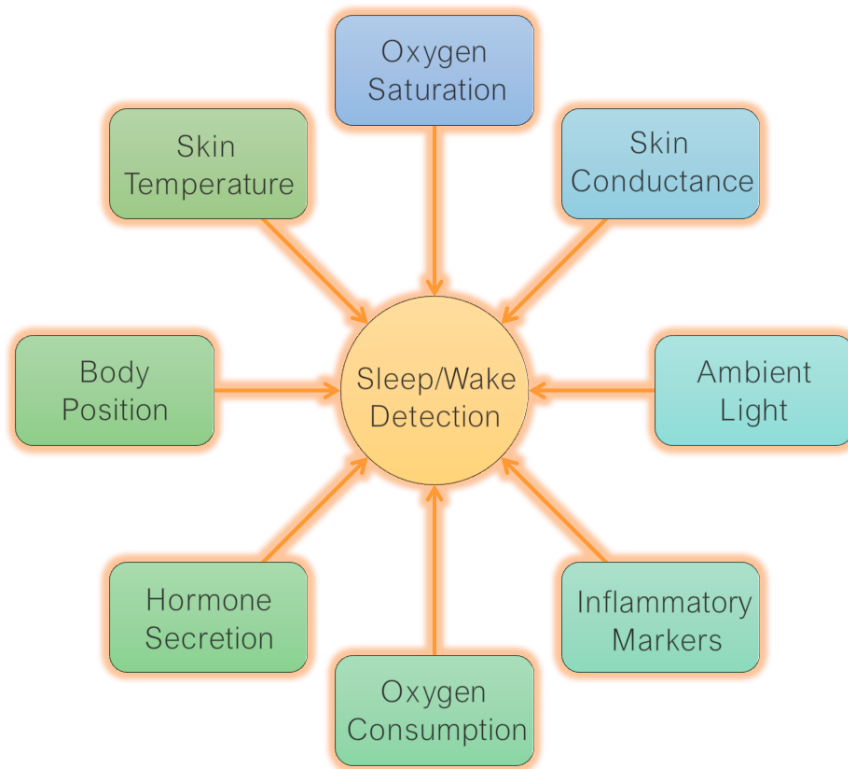
Otra indicación futura con la tecnología del sueño es la incorporación de capacidades de calefacción y enfriamiento. El Ebb CooDrift Versa está diseñado para usarse en la frente y enfriar el córtex frontal. Un estudio de 2018 encontró que mejoró la latencia del sueño en adultos con insomnio (Roth et al., 2018). El Embr Wave 2 es una pulsera que puede administrar sensaciones de frío o calor dirigidas a mujeres en la menopausia. Un estudio de 2021 encontró que mejoró la latencia del inicio del sueño y los síntomas que las mismas mujeres informaban sobre de insomnio, así como la reducción del número de sofocos (Composto et al., 2021).

Los dispositivos comerciales para el sueño comenzaron a aparecer en el mercado alrededor de 2010. Tuvieron una rápida adopción y tasas rápidas de innovación. Sin embargo, la limitada cantidad de datos de validación dificultó que los investigadores confiaran en afirmaciones de marketing audaces sobre la precisión, especialmente en las etapas del sueño. Esto ha mejorado con el tiempo; sin embargo, es importante tener en cuenta que hay una diferencia muy grande entre medir el sueño e intervenir en el sueño. Muchos consumidores tienen una gran cantidad de información sobre la importancia de



dormir adecuadamente a su disposición, pero carecen de herramientas para saber cómo intervenir si tienen problemas.

Imagen 7: Ecología de los sensores



Fuente: Elaboración propia

Oxygen saturation	Saturación de oxígeno
Skin conductance	Conductancia de la piel
Ambient light	Luz ambiente
Inflammatory markers	Marcadores inflamatorios
Oxygen consumption	Consumo de oxígeno
Hormone secretion	Secreción de hormonas
Body position	Posición del cuerpo
Skin temperature	Temperatura de la piel
Sleep/wake detection	Detección sueño/vigilia

La ecología actual de los sensores se puede observar en la imagen 12. Cuantos más sensores estén disponibles, mejores aproximaciones de sueño versus vigilia se pueden lograr. Sin embargo, cuantos más sensores se integren en un dispositivo, es probable que el dispositivo sea más invasivo. Esto puede hacer que sean menos atractivos, más costosos y que tengan más exigencias para quienes los usan.

Algo importante para los dispositivos ponibles es la capacidad de los investigadores para aprovechar y utilizar los datos masivos. Los datos masivos provienen de fuentes tan

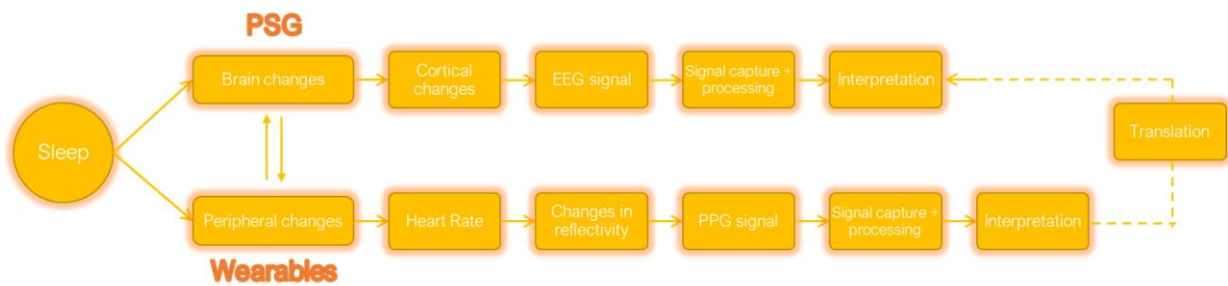
variadas como los sistemas de vigilancia de la salud pública, los registros médicos y otras bases de datos de entidades comerciales o de otro tipo. El uso generalizado de tecnologías del sueño puede ser útil para los investigadores interesados en el sueño a nivel de la población. Sin embargo, existen temas de privacidad que deben ser considerados.

Un estudio de datos masivos no invasivo de 2017 rastreó las pulsaciones de teclas en el motor de búsqueda Bing, analizando cómo variaba la velocidad a lo largo del día para estimar cuándo ocurría el sueño (Althoff et al., 2017). Demostraron que dos noches consecutivas con menos de seis horas de sueño estaban asociadas con un rendimiento disminuido, que duraba un período de seis días.

La Inteligencia Artificial (IA) se aplica ampliamente a cualquier programa que pueda aprender, adaptarse y realizar tareas similares a las humanas. El aprendizaje automático está incorporado en la IA: un programa que puede aprender y actuar a partir de datos sin depender de la programación basada en reglas. Dentro de esto, se encuentra el aprendizaje profundo: un programa que aprende características complejas de manera supervisada y no supervisada a partir de datos estructurados.

El aprendizaje profundo puede incorporarse en algoritmos de tecnología del sueño para mejorar la eficiencia del aprendizaje a través de la atenuación. Un estudio de 2020 encontró que, aunque las máquinas no necesitan dormir de la misma manera que los humanos, el sueño ofrece una oportunidad importante para cualquier sistema que se adapte a su entorno. Entre los sistemas de IA, el sueño parece ser una parte importante del proceso de aprendizaje, similar a cómo los animales, incluidos los humanos, aprenden. En lugar de apagar la máquina para simular el sueño, los investigadores llevaron a cabo lo equivalente a la poda sináptica. Esto involucró exponer primero el sistema a la información que debía aprender, luego eliminar sistemáticamente la información de lo que estaban tratando de aprender al darle señales de ruido no aleatorio.

Imagen 8: PSG versus dispositivos ponibles



Fuente: Elaboración propia

Sleep	Sueño
PSG	PSG
Brain changes	Cambios cerebrales
Peripheral changes	Cambios periféricos
Wearables	Dispositivos móviles
Cortical changes	Cambios corticales
Heart rate	Frecuencia cardíaca
EEG signal	Señal EEG
Changes in reflectivity	Cambio en la reflectividad
Signal capture + processing	Captura de la señal + proceso
PSG signal	Señal PSG
Interpretation	Interpretabilidad
Signal capture + processing	Captura de la señal + proceso
Translation	Traducción

Parece haber una limitación clave en la capacidad de las tecnologías del sueño para funcionar como intervenciones por sí mismas. Pueden proporcionar una gran cantidad de datos y ser utilizadas para ayudar en el cumplimiento de tratamientos clínicos, pero no son intervenciones en sí mismas. Una buena manera de entender esto es pensarlo como una balanza de baño. En la imagen de la izquierda de la imagen 16, la balanza de baño está conectada a una aplicación móvil. Puede mostrarte con qué frecuencia registras tu peso, a qué hora del día lo haces y cuál es tu peso. Puede extrapolar estos datos en gráficos a largo plazo que te ayuden a entender las tendencias en tu peso. Esto por sí solo puede ser suficiente para ayudar a algunas personas a introducir cambios en sus hábitos alimenticios o rutinas de ejercicio, pero para la mayoría de las personas no es suficiente.

Imagen 9: Ejemplo: pensarlo como una balanza de baño



Fuente: adaptación propia basada en [imagen sin título de balanza de baño], s. f., <https://bit.ly/3WRyRjv> and [untitled image about balance], s. f., <https://bit.ly/3CzIInR>

Donde existen problemas de sueño, realizar un seguimiento del sueño no es suficiente para promover hábitos más saludables o una mejor continuidad del sueño. Las intervenciones requieren cambios en el comportamiento y oportunidades para recibir retroalimentación que moldeen cambios en los hábitos con el tiempo.

Referencias

- Althoff, T., Horvitz, E., White, R. W., & Zeitzer, J. (2017). Harnessing the Web for Population-Scale Physiological Sensing: A Case Study of Sleep and Performance. *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web*. 113-122. <https://doi.org/10.1145/3038912.3052637>
- Baker, F. C., & Lee, K. A. (2018). Menstrual cycle effects on sleep. *Sleep Medicine Clinics*, 13(3), 283-294. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2018.04.002>
- Borger, J. N., Huber, R., & Ghosh, A. (2019). Capturing sleep-wake cycles by using day-to-day smartphone touchscreen interactions. *NPJ digital medicine*, 2, 73. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0147-4>
- Chinoy, E. D., Cuellar, J. A., Huwa, K. E., Jameson, J. T., Watson, C. H., Bessman, S. C., Hirsch, D. A., Cooper, A. D., Drummond, S. P. A., & Markwald, R. R. (2021). Performance of seven consumer sleep-tracking devices compared with polysomnography. *Sleep*, 44(5), zsaa291. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa291>

- Composto, J., Leichman, E. S., Luedtke, K., & Mindell, J. A. (2021). Thermal Comfort Intervention for Hot-flash Related Insomnia Symptoms in Perimenopausal and Postmenopausal-aged Women: An Exploratory Study. *Behavioral sleep medicine, 19*(1), 38–47. <https://doi.org/10.1080/15402002.2019.1699100>
- Grandner, M. A., & Malhotra, A. (2017). Connecting insomnia, sleep apnoea and depression. *Respirology (Carlton, Vic.), 22*(7), 1249–1250. <https://doi.org/10.1111/resp.13090>
- Hamill, K., Jumabhoy, R., Kahawage, P., de Zambotti, M., Walters, E. M., & Drummond, S. P. A. (2020). Validity, potential clinical utility and comparison of a consumer activity tracker and a research-grade activity tracker in insomnia disorder II: Outside the laboratory. *Journal of sleep research, 29*(1), e12944. <https://doi.org/10.1111/jsr.12944>
- Hoopes, E. K., Berube, F. R., D'Agata, M. N., Patterson, F., Farquhar, W. B., Edwards, D. G., Witman, M. A. H. (2021). Sleep duration regularity, but not sleep duration, is associated with microvascular function in college students. *Sleep, 44*(2), 1-12. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa175>
- Hyde, M., O'Driscoll, D. M., Binette, S., Galang, C., Tan, S. K., Verginis, N., Davey, M. J., & Horne, R. S. (2007). Validation of actigraphy for determining sleep and wake in children with sleep disordered breathing. *Journal of sleep research, 16*(2), 213–216. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2007.00588.x>
- Jacobs, D., Ancoli-Israel, S., Parker, L., & Kripke, D. F. (1989). Twenty-four-hour sleep-wake patterns in a nursing home population. *Psychology and Aging, 4*(3), 352. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0882-7974.4.3.352>
- Jean-Louis, G., Kripke, D. F., Cole, R. J., Assmus, J. D., & Langer, R. D. (2001). Sleep detection with an accelerometer actigraph: comparisons with polysomnography. *Physiology & behavior, 72*(1-2), 21–28. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(00\)00355-3](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(00)00355-3)
- Johnson, N. L., Kirchner, H. L., Rosen, C. L., Storfer-Isser, A., Cartar, L. N., Ancoli-Israel, S., ... & Redline, S. (2007). Sleep estimation using wrist actigraphy in adolescents with and without sleep disordered breathing: a comparison of three data modes. *Sleep, 30*(7), 899-905. <https://doi.org/10.1093/sleep/30.7.899>
- Kahawage, P., Jumabhoy, R., Hamill, K., de Zambotti, M., & Drummond, S. P. A. (2020). Validity, potential clinical utility, and comparison of consumer and research-grade activity trackers in Insomnia Disorder I: In-lab validation against polysomnography. *Journal of sleep research, 29*(1), e12931. <https://doi.org/10.1111/jsr.12931>



- Kapella, M. C., Vispute, S., Zhu, B., & Herdegen, J. J. (2017). Actigraphy scoring for sleep outcome measures in chronic obstructive pulmonary disease. *Sleep medicine, 37*, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2017.06.012>
- Kripke, D. F., Hahn, E. K., Grizas, A. P., Wadiak, K. H., Loving, R. T., Poceta, J. S., Shadan, F. F., Cronin, J. W., & Kline, L. E. (2010). Wrist actigraphic scoring for sleep laboratory patients: algorithm development. *Journal of sleep research, 19*(4), 612–619. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2010.00835.x>
- Levenson, J. C., Troxel, W. M., Begley, A., Hall, M., Germain, A., Monk, T. H., & Buysse, D. J. (2013). A quantitative approach to distinguishing older adults with insomnia from good sleeper controls. *Journal of Clinical Sleep Medicine, 9*(2), 125–131. <https://doi.org/10.5664/jcsm.2404>
- Lichstein, K. L., Stone, K. C., Donaldson, J., Nau, S. D., Soeffing, J. P., Murray, D., Lester, K. W., & Aguillard, R. N. (2006). Actigraphy validation with insomnia. *Sleep, 29*(2), 232–239.
- Martin, J. L., Webber, A. P., Alam, T., Harker, J. O., Josephson, K. R., & Alessi, C. A. (2006). Daytime sleeping, sleep disturbance, and circadian rhythms in the nursing home. *The American journal of geriatric psychiatry : official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry, 14*(2), 121–129. <https://doi.org/10.1097/01.JGP.0000192483.35555.a3>
- Meltzer, L. J., Montgomery-Downs, H. E., Insana, S. P., & Walsh, C. M. (2012). Use of actigraphy for assessment in pediatric sleep research. *Sleep medicine reviews, 16*(5), 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.10.002>
- Meltzer, L. J., Walsh, C. M., Traylor, J., & Westin, A. M. (2012). Direct comparison of two new actigraphs and polysomnography in children and adolescents. *Sleep, 35*(1), 159–166. <https://doi.org/10.5665/sleep.1608>
- Nakamura, T., Alqurashi, Y. D., Morrell, M. J., & Mandic, D. P. (2020). Hearables: Automatic Overnight Sleep Monitoring With Standardized In-Ear EEG Sensor. *IEEE transactions on bio-medical engineering, 67*(1), 203–212. <https://doi.org/10.1109/TBME.2019.2911423>
- National Heart, Lung, and Blood Institute. (s.f.). Causes and Risk Factors. <https://www.nhlbi.nih.gov/health/sleep-apnea/causes>
- O'Driscoll, D. M., Foster, A. M., Davey, M. J., Nixon, G. M., & Horne, R. S. (2010). Can actigraphy measure sleep fragmentation in children?. *Archives of disease in childhood, 95*(12), 1031–1033. <https://doi.org/10.1136/adc.2009.166561>



- Otake, M., Miyata, S., Noda, A., Koike, Y., Hara, Y., Sugiura, M., Minoshima, M., Kojima, J., Nakata, S., & Nakashima, T. (2011). Monitoring sleep-wake rhythm with actigraphy in patients on continuous positive airway pressure therapy. *Respiration*, *82*(2), 136–141. <https://doi.org/10.1159/000321238>
- Roth, T. (2007). Insomnia: definition, prevalence, etiology, and consequences. *Journal of clinical sleep medicine*, *3*(5 suppl), S7–S10. <https://doi.org/10.5664/jcsm.26929>
- Sadeh, A., Lavie, P., Scher, A., Tirosh, E., & Epstein, R. (1991). Actigraphic home-monitoring sleep-disturbed and control infants and young children: a new method for pediatric assessment of sleep-wake patterns. *Pediatrics*, *87*(4), 494–499.
- Sadeh, A., Hauri, P. J., Kripke, D. F., & Lavie, P. (1995). The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep*, *18*(4), 288–302. <https://doi.org/10.1093/sleep/18.4.288>
- Sánchez-Armengol, A., Ruiz-García, A., Carmona-Bernal, C., Botebol-Benhamou, G., García-Díaz, E., Polo-Padillo, J., López-Campos, J. L., & Capote, F. (2008). Clinical and polygraphic evolution of sleep-related breathing disorders in adolescents. *The European respiratory journal*, *32*(4), 1016–1022. <https://doi.org/10.1183/09031936.00133907>
- Short, M. A., Gradisar, M., Lack, L. C., Wright, H. R., & Dohnt, H. (2013). The sleep patterns and well-being of Australian adolescents. *Journal of adolescence*, *36*(1), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2012.09.008>
- Sutton Dermatology + Aesthetics. (2016, October 17). What's Your Type? *Smart Skin Blog*. <https://suttonderm.com/whats-your-type/>
- Vietheer, A., Kiserud, T., Lie, R. T., Haaland, Ø. A., & Kessler, J. (2021). Sleep and physical activity from before conception to the end of pregnancy in healthy women: a longitudinal actigraphy study. *Sleep medicine*, *83*, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2021.04.028>
- Weiss, A. R., Johnson, N. L., Berger, N. A., & Redline, S. (2010). Validity of activity-based devices to estimate sleep. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *6*(4), 336–342. <https://doi.org/10.5664/jcsm.27874>
- Zamarron, C., Paz, V. G., & Riveiro, A. (2008). Obstructive sleep apnea syndrome is a systemic disease. Current evidence. *European Journal of Internal Medicine*, *19*(6), 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2007.12.006>



