

DOSSIER

La fatiga: un desafío para los investigadores en seguridad operacional

Fatigue: a challenge for safety researchers

Florencia Obaid

Médica por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Argentina. Especialista en Medicina Legal.

florenciaobaid@gmail.com

Palabras clave: Transporte - Seguridad Operacional - Fatiga - Investigación de Accidentes - Gestión de Riesgos.

Keywords: Transport - Operational Safety - Fatigue - Risk Management - Accident Investigation.

Recibido: 03/11/23

Aceptado: 18/12/23

Resumen

Este trabajo hace una descripción exhaustiva de los precursores de la fatiga y analiza sus implicancias en la investigación de sucesos en el transporte. A partir de ello, se problematiza el papel que juega la fatiga como un factor relacionado con la ocurrencia de accidentes e incidentes. Finalmente, se elabora un marco de recomendaciones para la gestión de sus riesgos asociados.

Abstract

This paper provides an in-depth description of the precursors of fatigue and analyzes its significance in the investigation of transport events. On this basis, the paper problematizes the role of fatigue as a factor related to accidents and incidents. Finally, it develops a framework of recommendations for the management of its associated risks.

El presente artículo realiza un compendio de los distintos factores precursores del estado de fatiga partiendo de una revisión de trabajos científicos acerca de la temática. Asimismo, determina posibles manifestaciones clínicas resultantes de la fatiga y destaca la importancia de aplicar conocimientos científicos a la hora de gestionar los riesgos asociados a la misma. Se confirma, así, que la fatiga debería ser contemplada en la investigación de sucesos de seguridad operacional y accidentes en el transporte como uno de los factores potenciales relacionados a la ocurrencia de incidentes y accidentes. Y ello implica un desafío para los investigadores por tratarse de una cuestión compleja de analizar y ponderar, con un imprescindible enfoque integral y multidisciplinario de la investigación.

La finalidad es generar recomendaciones orientadas a la gestión de riesgos asociados a la fatiga y a la prevención de futuros sucesos. Nadie es inmune a la fatiga ya que se trata de un mecanismo regulador del organismo indicativo de la necesidad de descanso, y las consecuencias de ese estado constituirían un potencial peligro para la seguridad de las operaciones.

Factores precursores del estado de fatiga y medidas de mitigación del riesgo:

Es fundamental aplicar conocimientos científicos para gestionar los riesgos asociados a la fatiga. Las operaciones 24/7 han evolucionado de forma exponencial, sin embargo, la fisiología humana sigue siendo la misma.

El estado de fatiga sería el resultado de un desbalance entre las exigencias físicas, mentales y/o psicoemocionales asociadas a todas las actividades de vigilia y la capacidad de recuperación de los efectos de tales exigencias.

La definición de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) define a la fatiga como un estado fisiológico que se caracteriza por una reducción de la capacidad de desempeño mental y/o físico debido a la falta de sueño o a períodos prolongados de vigilia, fase circadiana, y/o carga de trabajo (actividad mental y/o física) que puede menoscabar el estado de alerta de una persona y su capacidad para desempeñar sus funciones relacionadas con la seguridad operacional (OACI. doc. 9966. 2016).

Dentro de los factores precursores de fatiga que pueden identificarse en operadores de primera línea, se encuentran las alteraciones del sueño en calidad y/o cantidad, las jornadas de trabajo prolongadas, el desempeñarse en funciones donde se vea alterado el ritmo circadiano habitual (turnos rotativos, turnos muy tempranos o nocturnos, viajes transmeridianos), sobrecarga de tareas con una insuficiente recuperación tras esfuerzos físicos, mentales y/o psicoemocionales,

algunas condiciones médicas favorecedoras, condiciones medioambientales (monotonía, entorno operativo desfavorable por diversos motivos, condiciones climatológicas adversas entre otras), consumos de sustancias o medicamentos, cuestiones organizacionales y del entorno laboral, y una combinación de estos factores.

Dentro de las manifestaciones más destacadas del estado de fatiga se pueden mencionar: sensación de malestar general, somnolencia, cefalea, mareos, labilidad emocional (irritabilidad, apatía y desinterés, alexitimia, anhedonia, ataques de pánico, entre otras), disminución de la capacidad de concentración, alteración de la sensorpercepción, degradación de la atención, de la conciencia situacional, la toma de decisiones y de la comunicación y también un incremento en el número de errores no esperables.

“Nadie es inmune a la fatiga ya que se trata de un mecanismo regulador del organismo indicativo de la necesidad de descanso.



Todo esto constituiría un verdadero peligro potencial para operaciones de transporte debido a las capacidades físicas, los recursos cognitivos y al alto grado de alerta que se requieren para una actividad segura.

Dormir es vital para la supervivencia humana. La mayoría de los adultos sanos necesitan de siete a nueve horas por día de un sueño de buena calidad. Los requisitos de duración suficiente del sueño varían a lo largo de la vida y de persona a persona.

El sueño es un estado fisiológico reversible, sin control consciente del cerebro, en el que el procesamiento de la información sensorial del entorno se reduce al mínimo. Es un proceso complejo que recupera las capacidades de los sistemas esenciales mermadas por las actividades de la vigilia y prepara al organismo para el período de vigilia siguiente. Es fundamental para restaurar funciones cerebrales y cognitivas como la memoria, los procesos de aprendizaje, la percepción de estímulos sensoriales, la atención, la concentración y la capacidad de resolución de problemas. Se relaciona con la liberación de diferentes hormonas y mediadores químicos, siendo ello clave para estabilizar el ánimo, reparar células y tejidos del cuerpo y fortalecer el sistema inmune.

Los efectos de la restricción de sueño se acumulan, con disminución del desempeño y aumento progresivo de la somnolencia objetiva. Después de una noche de sueño perdido se requerirían dos noches consecutivas sin in-



terrupción para restaurar los ciclos normales de sueño. La pérdida de sueño no es recuperable hora por hora.

La necesidad de sueño aumentará hasta que la persona se duerma sin control. El microsueño (conocido también como desconexión cerebral inesperada o *brain off*) es el cese brusco e inesperado de las funciones neurocognitivas que se produce en situaciones de fatiga y de somnolencia fisiológica extrema. Consiste en un breve período de tiempo (segundos) durante el cual el cerebro se desvincula de su entorno (deja de procesar información visual y sonora) y pasa de una forma incontrolada a una fase de sueño ligero.

Los primeros días de una severa restricción de sueño (por ejemplo, durmiendo solo cinco horas), la persona es consciente de que se está poniendo cada vez más somnolienta; pero luego de varios días, ya no nota ninguna diferencia en ella misma, aun cuando el estado de alerta y el desempeño sigan decayendo.

La restricción prolongada de sueño puede repercutir en el cerebro y seguir afectando al nivel de atención y desempeño durante varios días o semanas. Los estudios de laboratorio no pudieron aún determinar con exactitud el tiempo necesario para la recuperación de esos efectos. De varios estudios realizados surge evidencia de que el sueño inadecuado se vincula a aterosclerosis, hipertensión, obesidad, diabetes tipo 2, depresión, Alzheimer y otros tipos de demencia.

La denominada arquitectura del sueño (basándose en un método objetivo de estudio llamado polisomnografía) define cómo se estructura el sueño y lo divide en 2 fases, una con movimientos oculares rápidos (fase REM) y la otra sin movimientos rápidos de los ojos (fase NO REM), la cual ocupa $\frac{3}{4}$ partes del sueño y a su vez se subdivide en diferentes etapas.

Las etapas 1 y 2 de la fase NO REM corresponden al sueño más ligero, y las etapas 3 y 4 corresponden a un

sueño más profundo, también conocido como "sueño de ondas lentas". Esto es debido a que las ondas cerebrales se ralentizan y aumentan su amplitud (ritmo delta en el electroencefalograma), reflejando que la actividad de amplios grupos neuronales se sincroniza. Ocurre una mayor relajación muscular, sin movimientos oculares y se vuelve difícil despertar a la persona. En el "sueño de ondas lentas" (sueño profundo) el cuerpo repara sus tejidos, fortalece el sistema inmunológico, libera hormonas y restaura su energía. Además, participa en la función de memoria declarativa (conceptos, hechos, recuerdos).

Un período de sueño típico comienza en la etapa 1 de sueño NO REM, pasando por las otras etapas hasta alcanzar la fase REM, conformando así un ciclo NO REM/REM. Este ciclo completo dura aproximadamente noventa minutos y se repite de cuatro a seis veces a lo largo de una noche típica.

La mayor parte de nuestro sueño profundo ocurre durante la primera parte de la noche, con etapas 3 y 4 de sueño NO REM más prolongadas. Los períodos REM son más largos durante la última parte del sueño en una noche típica.

"Es fundamental aplicar conocimientos científicos para gestionar los riesgos asociados a la fatiga."



La fase REM se parece a la actividad cerebral de vigilia: los ojos se mueven detrás de los párpados cerrados con movimientos rápidos, el ritmo cardíaco y la respiración se tornan irregulares y hay un estado de parálisis transitoria del cuerpo conocido como "bloqueo REM", que determina que al soñar los movimientos del mundo de ensueño no se representen en la realidad. Al despertar a una persona de un sueño REM es habitual que la misma recuerde sueños vívidos. El sueño REM participa en la consolidación de la memoria (procedimental y emocional), en el aprendizaje y en el equilibrio del estado de ánimo. Después del último ciclo REM, la persona se despierta descansada y alerta.

La fragmentación del ciclo NO REM/REM por un despertar precoz, o como consecuencia de despertares breves que lleven al cerebro a una etapa de sueño más ligero aun sin llegar a despertarse, disminuyen la capacidad reparadora del sueño. Ambos tipos de sueño son necesarios.

El ser humano tiene dos mecanismos de control del sueño descriptos hasta el momento: el ritmo circadiano (determinado por un marcapasos natural o reloj bio-

lógico) y un mecanismo llamado presión homeostática del sueño que mantiene en equilibrio al ambiente interno del organismo.

El proceso homeostático del sueño se basa en la necesidad del organismo de alcanzar un sueño profundo; entonces la presión para alcanzar el sueño de ondas lentas (actividad delta) se acumula durante la vigilia y se descarga durante el sueño. En esta misma línea se ha comprobado en estudios científicos un acúmulo de sustancias químicas a nivel cerebral durante la vigilia, como por ejemplo la adenosina, el cual induce al sueño y se degrada al dormir. Cuanto más prolongado sea el tiempo de vigilia, más sueño de ondas lentas se tendrá en el próximo período de sueño.

El reloj corporal circadiano es un marcapasos neuronal (ubicado en el hipotálamo), que controla los ciclos de los procesos fisiológicos y del comportamiento (ciclos diarios de sueño y vigilia, de temperatura corporal, de digestión, ciclos hormonales y de desempeño, entre otros). Condiciona nuestra preferencia de sueño nocturno (ciclo vigilia/sueño) y es una adaptación biológica al período de rotación de 24 horas de nuestro planeta (ciclo día/noche). El reloj es ajustado diariamente por señales externas, principalmente la luz, y por otras señales tales como pautas sociales, el ejercicio, los patrones de comida y la temperatura ambiente. Naturalmente, al reloj corporal "le gustaría" un ciclo más largo cercano a 25 horas, por lo que depende de esas señales externas para adaptarse al ciclo día/noche. La luz es la influencia más poderosa que mantiene al organismo en un ciclo de 24 horas.

El reloj circadiano repercute en todos los aspectos del organismo humano, lo que produce altibajos cíclicos en el desempeño. Ejerce una gran influencia en el sueño y da lugar a períodos de tiempo propensos al sueño y a períodos en los que se dificulta. Hay dos puntos bajos en los que el deseo de dormir es alto: uno de ellos se denomina ventana de baja circadiana, y el otro, ventana de siesta de la tarde. La primera coincide aproximadamente con el mínimo diario de la temperatura corporal de base y corresponde a la hora del día en la que la somnolencia es mayor y el nivel de desempeño es menor (03:00 a 05:00 hora local, en la mayoría de las personas). Es un horario de alto riesgo para cometer errores relacionados con fatiga. Y la ventana de siesta de la tarde (15:00 a 17:00 hora local) también es un horario donde el nivel de desempeño desciende y hay una mayor propensión a la somnolencia.

Así también pueden identificarse dos horarios donde dormir se vuelve dificultoso: las zonas horarias denominadas de mantenimiento de vigilia; la primera de ellas, al final de la mañana y la segunda, dos a tres horas antes de acostarse, acorde al horario habitual del cronotipo de la persona.

Hay variaciones individuales a lo anteriormente dicho. Personas de perfil matutino (o "alondras") son aquellas cuyos ritmos circadianos y horarios de sueño preferidos tienen lugar antes que los de la mayoría de las personas, entonces se sienten más despiertas, alertas y capaces de hacer mejor su trabajo en la mañana. Por el contrario, están las personas de perfil vespertino (o "búhos") cuyos ritmos circadianos y horarios de sueño preferidos tienen lugar más tarde que los de la mayoría de las personas. Estas experimentan dificultades para levantarse o para sentirse alertas en la mañana y son más productivas durante la tarde o la noche. La genética juega un papel importante en los estilos individuales de vigilia, aunque también hay muchos otros factores que influyen en esta variabilidad, tales como la edad, el estilo de vida, los factores socioculturales o los patrones de los turnos diarios laborales.

Puede considerarse que los efectos que producen conjuntamente la presión homeostática del sueño y el reloj circadiano corporal definen las "ventanas" propensas al sueño y las "ventanas" en las que se dificulta el sueño. Esto es clave a la hora de pensar riesgos asociados a la fatiga.

El reloj biológico es de regulación lenta, por lo que demora en adaptarse a los cambios. Cuanto más lejos se desplace el sueño de su punto óptimo, más difícil es lograr que el sueño sea óptimo. Esto aplica a cualquier patrón de trabajo que requiera que un operador deba permanecer despierto cuando normalmente debería estar durmiendo, lo cual es un punto importante para tener en cuenta al diseñar cronogramas de trabajo y trabajos por turnos.

Aquellas operaciones que involucran horarios de trabajo irregulares, turnos variables o nocturnos, inicios tempranos o viajes transmeridianos, fuerzan a los operadores a desviarse del horario de sueño normal, alterando sus ritmos biológicos y generando un desfase entre los ritmos endógenos y las condiciones externas.

El trabajo por turnos tiene otras consecuencias además de provocar períodos de sueño más reducidos y de peor calidad. Si se mantiene constante durante varios días, genera señales temporales que provocan un reajuste del reloj circadiano corporal, pero que no están en consonancia con la información luminosa que recibe el reloj circadiano. A raíz de ello, varios ritmos corporales dejan de sincronizarse entre sí y dan lugar a una desincronización circadiana.

En los casos de viajes transmeridianos, cuanto mayor sea la diferencia angular entre origen y destino, más tiempo requerirá la adaptación. A partir de los 45 grados de diferencia angular, equivalente a tres husos horarios, comienzan a sentirse los síntomas del denominado *jet lag* (desfase horario). Es algo fisiológico, ya

que el atravesar husos horarios modifica el ritmo circadiano principalmente por el cambio de exposición a la luz solar. Así, el organismo pone en funcionamiento un conjunto de mecanismos para lograr adaptarse al nuevo horario. Las manifestaciones clínicas de esta situación pueden ser alteraciones del sueño, fatiga, cambios gastrointestinales (de hambre y ritmo evacuatorio), sensación de incomodidad, cambios de humor, entre otros. Las diferentes personas se adaptan a distintos ritmos, y la capacidad de adaptación suele disminuir con la edad. Esta es más rápida después de un viaje hacia el oeste (dirección de retardo) o con tiempos de servicio progresivamente más tarde en el caso de turnos rotativos, debido a que el día determinado por el marcapasos o reloj circadiano tiene más de 24 horas, como se mencionó anteriormente (más cercano a 25 horas).

En el caso de los viajes transmeridianos, la adaptación es más rápida cuando se está expuesto a señales provenientes del horario local (la luz al aire libre, la práctica de deporte y la alimentación con arreglo al horario local). Si la escala es corta (inferior a un día), se sugiere permanecer al ritmo del sitio de partida; en cambio si la escala es mayor a un día, sería aconsejable adoptar inmediatamente el ritmo del país de llegada para acelerar la sincronización. Comenzar un viaje con un déficit de sueño aumenta la gravedad de los síntomas del *jet lag*.



Respecto de la carga de trabajo (mental o física o psicoemocional) como factor precursor de fatiga, no hay una definición operativa clara en las diversas fuentes consultadas y es aún tema de debate. Se trata de un concepto complejo. La carga de trabajo será diferente dependiendo del contexto operacional, y no hay un método común para evaluarla. Algunos aspectos asociados a carga de trabajo son: tipo y cantidad de la tarea a realizar (duración, dificultad o complejidad), limitaciones de tiempo (horarios dados por exigencias de la tarea, por factores externos, por la misma persona),

capacidad de desempeño (experiencia, capacitación, esfuerzo, historial de sueño y fase circadiana, entre otros). Tanto las elevadas cargas de trabajo como las bajas cargas de trabajo (por desmotivación, monotonía o aburrimiento) podrían preceder al estado de fatiga.

En la literatura se describen diferentes métodos que tienen como finalidad evaluar el sueño o el ritmo circadiano y otros que intentan medir somnolencia o fatiga. De estas diferentes técnicas para el análisis objetivo del sueño, la polisomnografía es una de ellas y la de mayor fiabilidad (*gold standard*). Esta técnica consiste en el registro estandarizado y simultáneo de múltiples parámetros fisiológicos durante el sueño. Mide la actividad eléctrica del cerebro (electroencefalograma), los movimientos oculares (electrooculograma) y el tono muscular (electromiograma), y es la técnica que permitió descifrar la arquitectura del sueño.

***“Aquellas operaciones que involucran horarios de trabajo irregulares, turnos variables o nocturnos, inicios tempranos o viajes transmeridianos fuerzan a los operadores a desviarse del horario de sueño normal, alterando sus ritmos biológicos.*”**



La actigrafía es otro método de estudio utilizado con el fin de evaluar patrones de sueño y resulta, en la práctica, más aplicable que la polisomnografía. A través del uso de actirrelojes (dispositivos que, en su mayoría, se asemejan a un reloj pulsera, contienen un acelerómetro y son capaces de registrar movimiento) se estima mediante un soporte lógico cuál es el grado de actividad de los movimientos corporales en un período de tiempo determinado. El registro puede seguirse durante varios días para inferir duración y fragmentación del sueño, así como también la regularidad y el ritmo cronobiológico, pero tiene sus limitaciones. Una de ellas es que no distingue sueño de vigilia estática, es decir, no puede discriminar si la persona está dormida o si permanece quieta, pero despierta, lo que hace que sea un método falible a la hora de medir calidad de sueño. A fin de que la actigrafía sea fiable, el dispositivo con su algoritmo informático debe haber sido validado en base a la polisomnografía.

El ritmo circadiano también se ha evaluado midiendo temperatura corporal, por ejemplo. Se han propuesto otros varios métodos objetivos con la intención de medir somnolencia, pero que tienen sus limitaciones. Se pueden mencionar a la prueba de latencias múltiples del sueño, el test psicomotor de vigilancia (PVT) y la medición del parpadeo. Existen también métodos

subjetivos cuyo fin es intentar medir somnolencia o fatiga y se presentan como cuestionarios o escalas, entre ellas la escala de fatiga de Samn Perelli, la escala de somnolencia de Karolinska o el cuestionario de fatiga de Yoshitake, por ejemplo. Encontramos además métodos de análisis basados en modelos biomatemáticos.

“El reloj biológico es de regulación lenta, por lo que demora en adaptarse a los cambios. Cuanto más lejos se desplace el sueño de su punto óptimo, más difícil es lograr que el sueño sea óptimo.”



Todos estos estudios tienen sus limitaciones y solo develan una parte del problema debido a que es muy difícil evaluar la fatiga *in situ*, con lo cual, la aproximación será mayor cuantos más métodos puedan utilizarse y combinarse.

Según un estudio publicado en la revista *Nature* (Dawson y Reid, 1997), la falta de sueño produciría los mismos efectos sobre la capacidad de conducir un vehículo que el consumo de alcohol. En estudios psicométricos se ha demostrado que mantenerse despierto durante 17 horas perturba la capacidad de conducir un vehículo de forma similar al efecto producido por una concentración de alcohol en la sangre de 0.5 g/L.

Un concepto importante para tener en cuenta en seguridad operacional es el de inercia del sueño. La inercia del sueño se define como el estado de desorientación transitoria, somnolencia y degradación del desempeño que puede producirse tras despertar, por un período aproximado de hasta treinta minutos. La inercia de sueño es más prolongada e intensa si no se ha dormido el tiempo suficiente, tras despertarse del sueño profundo o al horario de mayor propensión al sueño acorde al ritmo circadiano de la persona (en la ventana de baja circadiana).

Una cuestión clave en seguridad operacional es idear y poner en práctica medidas efectivas de mitigación de riesgos de fatiga y, para poder hacerlo, es necesario tener en cuenta los principios científicos descriptos.

Algunas medidas de mitigación efectivas consistirían en limitar los tiempos de servicio o jornadas laborales o programar cronogramas de trabajo teniendo presente la necesidad de las personas de dormir lo suficiente, acorde a los requerimientos de duración de sueño y la necesidad de un sueño de calidad (no fragmentado, sin interrupciones) para lograr un efecto restaurador sobre

el organismo. Tiempos de descanso físico y mental, amén de la necesidad de dormir, también son importantes para evitar el desequilibrio entre las exigencias de todas las actividades de vigilia y la capacidad de recuperación de dichas exigencias. No es factible que la persona pueda forzarse a dormir en cualquier momento, y es una cuestión que ha de tenerse presente al momento de diagramar cronogramas de trabajo. Hay que considerar la importancia de pausas en aquellas tareas que demanden atención constante. Una siesta controlada en período de servicio, como medida de mitigación de riesgos, debería contemplar la posibilidad de la inercia del sueño, la cual podría reducirse considerando un tiempo máximo establecido de siesta y un protocolo de retorno al servicio activo que permita un lapso suficiente como para superar ese fenómeno. Y si un período de servicio comienza a horas avanzadas del día (turno noche, por ejemplo), tomarse una siesta antes de comenzar el turno contribuirá a reducir el período de vigilia y a mantener el desempeño y la atención durante el trabajo. El lugar de descanso entre servicios y en las pausas operativas es un factor relevante para tener en cuenta.

Las recomendaciones de higiene del sueño que se exponen a continuación tienen la finalidad de facilitar un sueño reparador.

- Evitar consumir sustancias excitantes como alcohol, café o tabaco, sobre todo en las últimas horas del día (al menos cuatro horas antes de acostarse).
- No ingerir bebidas alcohólicas con la intención de que sea una ayuda para dormir.
- Realizar ejercicio a diario, pero evitando hacerlo a últimas horas del día porque podría tener un efecto activador.
- Evitar siestas largas y ya avanzada la tarde.
- Tener en cuenta que hay medicamentos que pueden dificultar el sueño (como por ejemplo algunos descongestivos de venta libre).
- Realizar cenas ligeras y esperar para acostarse entre una a dos horas después de ingerir alimentos.
- Procurar mantener horarios y rutinas regulares. Si una vez en la cama no se consigue conciliar el sueño en treinta minutos, levantarse y cambiar de lugar para conseguir relajarse, hasta sentir somnolencia y recién acostarse nuevamente.
- Aplicar técnicas de relajación.
- Evitar la exposición a la luz brillante al anochecer.

Que el dormitorio sea para dormir, evitando otras actividades como el uso de pantallas, por ejemplo.

- Generar un ambiente silencioso y confortable para el descanso, que sea oscuro, tranquilo (puede ser de utilidad permitir un ruido blanco como el del ventilador funcionando), con temperatura controlada (preferentemente fresca) y con una superficie cómoda para recostarse.
- Además de pensar medidas de mitigación de riesgo orientadas a las personas que operan en las diferentes actividades vinculadas al sistema de transporte (operadores de primera línea) deberá pensarse en medidas dirigidas al entorno laboral, a nivel organizacional, como por ejemplo, sistemas de notificación y reporte de fatiga, presencia de personal suficiente, condiciones laborales adecuadas, reglamentos, entrenamiento y capacitaciones en sistemas de gestión de riesgos. Asimismo, se deberá apuntar a estamentos más altos con el fin de lograr verdaderos cambios en la prevención de futuros sucesos.

Como conclusión, se puede afirmar que es necesario un abordaje integral y multidisciplinario de esta temática con la finalidad de identificar y mitigar los riesgos asociados a este factor tan complejo y difícil de medir como es la fatiga y su influencia en la incidencia de sucesos de seguridad operacional. Controlar la fatiga es responsabilidad de todos los miembros que conforman el sistema.



Referencias bibliográficas

Dawson, D. y Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol, and performance impairment. *Nature*, 388, 235).

Endsley, M. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness, en *Dynamic Systems. Human factors*. 37(1).

Global Council on Brain Health (2016). The Brain-Sleep Connection: GCBH Recommendations on Sleep and Brain Health.

Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S.M., Alessi, C., Bruni, O., Don Carlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E.S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D.N., O'Donnell, A.E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R.C., Setters, B., Vitiello, M.V., Ware, J.C. y Adams Hillard, P.J. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*.

IATA Training. (2018).

Jerman, A., Meško, M. (2018). How to Measure Fatigue Among Pilots? *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*. 6 (1), 13-22.

Jiménez-Genchi, A. (2022). Conferencia "Neurobiología y fisiología del sueño". Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente.

Krystal, A. (2022) Comprender el sueño y su rol en la salud y la seguridad. *Medscape education global*. <http://www.medscape.org/symposium/sleep-health-spanish>

Lopez Camelo, A. y Muro, M. (2013). Sueño y fatiga. Limitaciones humanas y riesgo en pilotos de líneas aéreas. IV Congreso de la Red Iberoamericana de investigación en transporte aéreo.

Mayer, G., Hajak, G., Scammell, T. (2022). ¿Cuán importante es la arquitectura del sueño para la calidad del sueño? *Medscape education global*.

Milliar, M. (2012). Measuring Fatigue. ICAO / IATA / IFALPA Asia-Pacific FRMS Seminar Bangkok.

OACI. (2016). Doc.9966. 2da Ed.

Rubio-Sánchez, P. (2003). Métodos de evaluación de la excesiva somnolencia diurna. *Revista Vigilia-Sueño*. 15 (2).

Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. y Escudero-Corrales, C. (2019). Cronobiología del sueño y su influencia en la función cerebral. *Cuadernos de neuropsicología. Panamerican Journal of Neuropsychology*. 13 (1), 12-33.

Salazar, M.D. (2018). *Fatiga en aviación*. FAA Civil Aerospace Medical Institute.

Serrano, O. y Correa, U. (2020). *Manual de trastornos del sueño*. UNAM.

Signal, T.L., Gale, J. y Gander, P.H. (2005). Sleep Measurement in Flight Crew, Comparing Actigraphic and Subjective Estimates of sleep with Polysomnography. *Aviation Space and Environmental Medicine* 76(11), 1058-1063.

Tan, X., van Egmond, L., Cedernaes, J. y Benedict, C. (2020). The role of exercise-induced peripheral factors in sleep regulation. *Molecular Metabolism* 42(2).