

# Manual de gestión de sueño y riesgos asociados a la fatiga para las Fuerzas Armadas



Agustín L. Folgueira  
Malena L. Mul Fedele  
Daniel E. Vigo



# Manual de gestión de sueño y riesgos asociados a la fatiga para Las Fuerzas Armadas



Agustín L. Folgueira  
Malena L. Mul Fedele  
Daniel E. Vigo

*Folgueira, Agustín Leandro*

*Manual de gestión de sueño y riesgos asociados a la fatiga para  
Las Fuerzas Armadas / Agustín Leandro Folgueira ; Malena Mul  
Fedele ; Daniel Vigo. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires :  
Universidad de la Defensa Nacional, 2025.*

*Libro digital, PDF*

*Archivo Digital: descarga y online*

*ISBN 978-631-90346-5-3*

*1. Fisiología del Sueño. 2. Trastornos del Sueño . I. Mul Fedele,  
Malena II. Vigo, Daniel III. Título  
CDD 355.12*

*Coordinación editorial: Martín H. Bertone*

*Idea de tapa:*

*Diseño de tapa y diagramación de interior: María Cordini*

*Corrección: Emilia Aguilera*

*ISBN 978-631-90346-5-3*

*Cdad. Autónoma de Buenos Aires*

*Publicado en el mes de junio de 2025.*

*Hecho el depósito que indica la ley 11.723*

*Impreso en Argentina.*

*Ninguna parte de esta publicación, inclusive el diseño de cubierta, puede ser reproducida, almacenada  
o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de  
grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor.*

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <i>PREFACIO DE LOS AUTORES</i> _____  | 7  |
| <i>ACERCA DE ESTE MANUAL</i> _____  | 9  |
| <i>Marcela Ovejero</i>  |    |
| <i>LA IMPORTANCIA DEL DESCANSO EN LAS FUERZAS ARMADAS</i> _____                       | 11 |
| <i>Daniel Esteban</i>   |    |
| <i>NOTA DE LOS AUTORES</i> _____  | 13 |
| <i>1. EL SUEÑO Y SUS TRASTORNOS</i> _____   | 15 |
| <i>El sueño y su importancia</i> _____  | 15 |
| <i>Fisiología del sueño</i> _____   | 17 |
| <i>Los mecanismos que regulan el sueño</i> _____                                      | 18 |
| <i>El interruptor del sueño: el área preóptica ventrolateral del hipotálamo</i> _____ | 22 |
| <i>La arquitectura del sueño</i> _____  | 23 |
| <i>Trastornos del sueño</i> _____   | 27 |
| <i>Insomnio</i> _____   | 28 |
| <i>Apneas obstructivas del sueño</i> _____  | 36 |
| <i>Sueño insuficiente</i> _____   | 39 |
| <i>Trastornos del ritmo circadiano</i> _____  | 42 |
| <i>Jet lag</i> _____  | 46 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Estrés postraumático</i> _____   | 50  |
| <b>2. SISTEMAS DE GESTIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA FATIGA</b> _____          | 55  |
| <i>La fatiga</i> _____  | 55  |
| <i>El modelo de capas defensivas para el control de la fatiga</i> _____       | 59  |
| <i>Nivel 1: diseño de las oportunidades de descanso</i> _____                 | 61  |
| <i>Nivel 2: control del sueño obtenido</i> _____                              | 69  |
| <i>Nivel 3: control de síntomas de fatiga</i> _____                           | 78  |
| <i>Niveles 4 y 5: investigación de errores, incidentes y accidentes</i> _____ | 93  |
| <i>Componentes y funcionamiento de un SGRF</i> _____                          | 100 |
| <i>Componentes de un SGRF</i> _____   | 101 |
| <i>¿Cómo debería funcionar un SGRF?</i> _____                                 | 107 |
| <b>3. EL SUEÑO EN PERSONAL MILITAR</b> _____                                  | 109 |
| <i>El sueño saludable</i> _____   | 110 |
| <i>Duración</i> _____   | 110 |
| <i>Calidad</i> _____  | 111 |
| <i>Horario</i> _____  | 112 |
| <i>El sueño en la vida militar</i> _____                                      | 112 |
| <i>Las condiciones de sueño en la vida militar</i> _____                      | 112 |
| <i>Sueño y liderazgo</i> _____  | 113 |
| <i>Planificando un sueño adecuado</i> _____                                   | 114 |
| <i>Sueño y rendimiento</i> _____  | 120 |
| <i>Sueño en ambientes extremos</i> _____                                      | 122 |
| <i>Trastornos de sueño</i> _____  | 123 |
| <i>Insomnio</i> _____   | 124 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Apneas obstructivas del sueño</i> _____  | 128 |
| <i>Sueño insuficiente</i> _____   | 128 |
| <i>Trastornos del ritmo circadiano</i> _____  | 129 |
| <i>Estrés postraumático</i> _____   | 138 |
| <i>Intervenciones para mejorar el sueño y mejorar el rendimiento</i> _____  | 139 |
| <i>No farmacológicas</i> _____  | 139 |
| <i>Promotores del sueño y del rendimiento</i> _____   | 151 |
| <i>Sistemas de Gestión de Riesgo de Fatiga en operaciones militares</i> _____                                     | 162 |
| <i>¿Por qué es importante la implementación de un SGRF en el ámbito de las operaciones militares?</i> _____       | 162 |
| <i>Implementación del SGRF para el chequeo y predicción de síntomas de fatiga en personal militar</i> _____       | 164 |
| <i>Implementación de un SGRF en la Real Fuerza Aérea de Canadá</i> _____  | 165 |
| <i>Implementación del SGRF para el chequeo de sueño efectivo en personal militar</i> _____                        | 169 |
| <b>4. ANÁLISIS DEL SUEÑO Y LA FATIGA EN DOS ENTORNOS OPERACIONALES DE LAS FF. AA. EN ARGENTINA</b> _____          | 175 |
| <i>Impacto de la noche polar y el aislamiento extremo en el sueño y la fatiga en operaciones antárticas</i> _____ | 175 |
| <i>La Antártida como modelo de desincronización biológica</i> _____   | 175 |
| <i>La Antártida como análogo espacial</i> _____   | 180 |
| <i>Sueño, siestas y alerta en la base Belgrano II</i> _____   | 183 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Sistemas de Gestión de Riesgo de Fatiga en cursos de formación de tropas de operaciones especiales</i> _____ | 187 |
| <i>Implementación del SGRF en cursos de formación para tropas de operaciones especiales</i> _____               | 187 |
| <i>Plataforma 2B-Alert Web</i> _____  | 189 |
| <i>Optimización de los modelos</i> _____  | 200 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> _____   | 207 |

## Prefacio

*El estudio de la guerra debería concentrarse casi en exclusiva en las realidades de la guerra: los efectos del cansancio, el hambre, el miedo, la falta de sueño, el tiempo... Los principios de la estrategia y las tácticas, y la logística de la guerra son absurdamente sencillos; son las realidades las que convierten a la guerra en algo tan complicado y tan difícil.*

Mariscal de campo Lord Wavell (Extracto de una carta dirigida a B. H. Liddell Hart).  
*Citado en Holmes, Acts of War.*

El sueño es una función vital que ocupa un tercio de la vida humana y permite afrontar las exigencias diarias. Sin embargo, el trabajo en jornadas extendidas, nocturnas o rotativas en tiempos de paz y con el ritmo implacable de los conflictos modernos exige que el personal militar pueda actuar bajo un estado de privación de sueño. Esta situación afecta el rendimiento de manera tan significativa que representa un riesgo crítico en tiempos de paz y puede convertirse en una ventaja estratégica para el enemigo en tiempos de guerra.

Sobre estos principios surge este libro, resultado de un proceso de aprendizaje continuo y de la exploración de soluciones a los desafíos del sueño en el ámbito militar argentino. Esta obra busca compartir parte del camino recorrido.

Nuestro enfoque parte del conocimiento en medicina del sueño, un campo que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, combinado con nuestra experiencia en Cronobiología Antártica en la base Belgrano II. Luego, a partir de la difusión de nuestro trabajo, fuimos convocados por la Escuela Militar de Montaña del Ejército Argentino y diversas unidades militares para brindar una capacitación sobre la gestión del sueño en entornos

operativos, que se realizó como respuesta a la creciente inquietud sobre cómo optimizar el descanso sin comprometer el tiempo destinado al entrenamiento o la disponibilidad para el combate.

Inspirados en las investigaciones sobre los sistemas de gestión de riesgo de fatiga del Laboratorio de Cronofisiología del Instituto de Investigaciones Biomédicas (BIOMED, UCA-CONICET), abordamos el análisis desde una perspectiva militar. Este libro ofrece una visión general accesible y de lectura ágil, ya que se evita profundizar en aspectos propios del especialista.

El primer capítulo aborda la fisiología del sueño y sus trastornos, y, de esta manera, ofrece una visión general de los problemas de sueño más frecuentes en la población general, que también afectan, naturalmente, al personal militar. El segundo capítulo se centra en los sistemas de gestión de riesgo de fatiga; describe sus componentes y funcionamiento de manera general, sin profundizar en sus aplicaciones militares específicas. En el tercer capítulo, se examinan las particularidades del sueño y de los sistemas de gestión de riesgo de fatiga en el contexto militar. Finalmente, el último capítulo presenta algunas investigaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo en la Antártida y durante la formación de tropas de operaciones especiales.

Esperamos que esta obra resulte tan enriquecedora para el lector como lo ha sido para sus autores. Nuestro objetivo es proporcionar herramientas para gestionar el sueño y la fatiga para mitigar sus efectos negativos y potenciar la capacidad de los soldados para actuar de manera más efectiva y segura, incluso frente a los prolongados periodos de vigilia que caracterizan las operaciones actuales. Gestionar la fatiga es sentar las bases para una ventaja estratégica.

Los autores

## Acerca de este manual

Uno de los primeros objetivos planeados como Coordinación de Bienestar de las Fuerzas Armadas allá por enero 2020 cuando iniciamos la gestión fue fortalecer, promover y generar instancias de investigación, formación, capacitación y encuentro para mejorar no solo la salud y el sistema de salud del personal militar, sino también para lograr la optimización y mejora de su rendimiento físico, cognitivo, social, psicológico y conductual y su fisiología metabólica, cardiovascular y neuromuscular; mientras que también se observaron las lesiones recurrentes sin dejar de lado además el impacto de los factores ambientales en el rendimiento y la interacción humano-máquina.

Es así como la Coordinación de Bienestar de las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa dio apoyo a la Escuela Militar de Montaña “Tte. Gral. Juan Domingo Perón” para que en el marco del Curso de Cazadores de Montaña 2021 se desarrolle este trabajo que presentamos con mucho orgullo.

El trabajo inicia como un proyecto de asistencia de la Coordinación de Bienestar de las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa al requerimiento de los instructores de la Escuela Militar de Montaña “Tte. Gral. Juan Domingo Perón” por la necesidad de tener un sistema de planificación, control y explotación de resultados sobre los niveles de fatiga que se les aplica a las tropas de montaña en los entrenamientos en entornos hostiles.

A través de los años, los avances prometedores de los resultados incentivaron la aplicación de mayores medios y la necesidad de obtener precisiones en terrenos invernales. Durante el Curso Avanzado de Montaña Invernal 2022, se realizaron registros intensos de rendimiento militar, nivel de alerta, duración de sueño y ambiente de descanso durante las etapas más y menos estresantes del curso. Consecuentemente, se continuó con las mediciones durante el Curso de Cazadores de Montaña 2023.

Estas investigaciones jerarquizan la sanidad militar al permitir la visibilidad de distintos temas vinculados a la salud y su impacto en la vida y en el rendimiento del personal militar, ya que tienen re-

levancia internacional y atraen el interés y la interacción con científicos de otras fuerzas armadas que trabajan en el área.

Hemos logrado no solo nuestro principal objetivo, el desarrollo de un modelo biomatemático de predicción de riesgo de fatiga aplicado a las Fuerzas Armadas argentinas y sus particulares condiciones ambientales, sino también contar hoy en 2023 con un Programa de Investigaciones en Neurociencia Aplicada (que denominamos Neurodefensa), que aspira a ser un plan de excelencia en el campo de investigación dedicada a la mejora del rendimiento físico y mental del personal de las Fuerzas Armadas.

El Programa de Neurodefensa, dependiente de la Coordinación de Bienestar, cuenta con un equipo multidisciplinario conformado por una serie de profesionales sanitarios (neurología, psiquiatría, psicología, ingeniería, biología, etc.) que desarrollan, vinculan y promueven investigaciones científicas que impacten en la salud del personal militar que actúa bajo el complejo ambiente operacional militar moderno con una mirada especial en aquellos proyectos vinculados a una mejora del rendimiento, el bienestar y la seguridad en las operaciones realizadas en Antártida y Atlántico Sur.

El modelo biomatemático de predicción de riesgo de fatiga de las Fuerzas Armadas Argentinas no hubiera sido posible sin la presencia y el trabajo dedicado y comprometido de cada uno de los actores vinculados a este proceso. Por eso, quiero expresar un merecido agradecimiento a quienes han contribuido a este trabajo: Escuela Militar de Montaña "Tte. Gral. Juan Domingo Perón", al Laboratorio de Cronofisiología del Instituto de Investigaciones Biomédicas (BIOMED UCA-CONICET), a la Facultad de Medicina de la Universidad de Montreal, Canadá y a todo el equipo de la Coordinación de Bienestar de las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa.

Lic. Marcela L. Ovejero

Ex coordinadora de Salud y Bienestar del Personal  
de las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa  
(enero de 2020-junio de 2024)

## La importancia del descanso en las Fuerzas Armadas

El descanso y la recuperación son componentes esenciales del rendimiento operativo en las Fuerzas Armadas. En escenarios de alta exigencia física y mental, la privación del sueño puede comprometer la toma de decisiones, la resistencia y la capacidad de respuesta ante situaciones críticas. Conscientes de esta realidad, la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad de la Defensa Nacional ha desarrollado el presente *Manual de gestión de sueño y riesgos asociados a la fatiga*, una herramienta destinada a optimizar el descanso y maximizar la preparación operativa del personal en operaciones militares.

Este manual se fundamenta en los más recientes avances en neurociencia, fisiología y rendimiento humano, adaptados a las exigencias particulares de la vida militar. A lo largo de sus capítulos, se abordan estrategias para mejorar la calidad del sueño en entornos operacionales, mitigar los efectos de la fatiga y fortalecer la capacidad de recuperación del combatiente. Además, se presentan recomendaciones prácticas para comandantes y personal de todas las jerarquías con el objetivo de integrar la gestión del descanso dentro del planeamiento estratégico y táctico de las operaciones.

El desafío de las fuerzas armadas modernas no solo radica en el entrenamiento y el equipamiento, sino también en la optimización de los recursos humanos. Un combatiente bien descansado es más eficiente, resiliente y preciso en su accionar. Por ello, este manual no solo se presenta como una guía de referencia, sino como una herramienta fundamental para el desarrollo de fuerzas militares más preparadas y adaptadas a las demandas del siglo XXI.

Esperamos que este material contribuya significativamente a la formación y desempeño del personal, y reafirme el compromiso de la Universidad de la Defensa Nacional con la excelencia en la capacitación de nuestros hombres y mujeres en uniforme.

CR (R) VGM Dr. Daniel Esteban  
Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación  
Universidad de la Defensa Nacional



## **Nota**

La medicina es un campo en constante evolución. A medida que las nuevas investigaciones y la experiencia clínica enriquecen nuestro conocimiento, se deben incorporar cambios en los enfoques diagnósticos y terapéuticos. Los autores y editores de esta publicación han realizado todos los esfuerzos posibles para brindar información verificada de fuentes confiables de acuerdo con el estado actual y los estándares aceptados en el momento de su publicación. Sin embargo, tanto la posibilidad de error como la naturaleza cambiante de la ciencia impiden que se garantice de manera absoluta la fiabilidad o la exhaustividad de la información contenida en este trabajo por parte de los autores, editores o cualquier otra persona o entidad involucrada en su producción. Se alienta a los lectores a corroborar esta información con otras fuentes, especialmente en lo que respecta a los tratamientos, cuyas indicaciones y dosis pueden haber evolucionado con el tiempo. Esto es especialmente relevante para los medicamentos cuyo uso sea menos común.

**Los autores**



# 1. El sueño y sus trastornos

## El sueño y su importancia

El sueño es un proceso biológico esencial para la salud; consiste en una disminución parcial, periódica y reversible del nivel de conciencia. Es un fenómeno universal de todos los seres vivos, ocupa un tercio de la vida humana y permite afrontar las necesidades de la vigilia. Entre otras funciones, interviene en la regulación del metabolismo y el mantenimiento del balance energético, la reparación de los tejidos, el fortalecimiento del sistema inmune, la remodelación de las conexiones cerebrales y la consolidación de la memoria. El cerebro necesita dormir para mantener su funcionamiento normal, para restaurarse y repararse a sí mismo, para funcionar de una manera eficiente, para ordenar nuevos recuerdos y procesar nueva información de manera apropiada. El sueño también elimina los productos de desecho de la descomposición normal de las sustancias químicas que se acumulan en el cerebro durante la vigilia.

Los tres principios clave para obtener un sueño saludable y de calidad son la duración, la continuidad y la regularidad. La duración adecuada de sueño en un adulto promedia entre siete y nueve horas, un valor multifactorial y variable, sujeto a distintas circunstancias ambientales y factores genéticos. Por esto, es mejor definir una duración adecuada de sueño como la necesaria para sentirse descansado y mantener un funcionamiento óptimo durante el día. Existen variabilidades personales, influenciadas por factores biológicos, ambientales, médicos y comportamentales, pero un adulto sano suele requerir entre 7 a 9 horas de sueño por noche. Un pequeño porcentaje de la población es considerada “dormidor corto” por necesitar menos de 6 horas de sueño por noche y “dormidor largo” por necesitar más de 9 horas.

La continuidad de sueño se refiere a la ausencia de interrupciones o de enfermedades que comprometan su capacidad reparadora. Durante el sueño, se experimentan una serie de ciclos de 90 a 120 minutos de duración en relación con la actividad eléctrica del

cerebro. Las continuas interrupciones voluntarias del sueño por obligaciones laborales o la presencia de enfermedades que afectan al sueño, como los trastornos respiratorios durante el sueño, pueden generar un sueño con elevada cantidad de interrupciones y compromiso de su continuidad. Interrumpir o acortar el sueño altera esta progresión natural y reduce sus beneficios.

La regularidad hace referencia al momento del día en el que se duerme. La naturaleza diurna de los seres humanos está controlada por un reloj interno en el cerebro, que promueve la vigilia durante el día y el sueño por la noche. Mantener los horarios constantes de sueño y de vigilia refuerza el estado de alerta durante el día y optimiza el sueño nocturno. El reloj interno del cerebro generalmente promueve un ciclo donde se alternan un periodo de vigilia diurna de alrededor de 16 horas seguido de otro de sueño nocturno de alrededor de 8 horas. Además, en algunas personas se observa un descenso temporal en el estado de alerta por la tarde, especialmente en aquellas con restricción de sueño. Mantener los horarios de actividad y descanso en relación a este reloj en forma coordinada con los estímulos ambientales de la naturaleza (día y noche) mejora la calidad del sueño. Por el contrario, trabajar de noche puede afectar la productividad y el descanso, lo cual causa una desincronización con el reloj interno.

El sueño influye directamente en la capacidad física y mental; el sueño adecuado se relaciona con un mejor rendimiento físico, tiempos de respuesta más rápidos, una mayor capacidad de resolución de problemas y de toma de decisiones con menor cantidad de errores. También mejora el estado de ánimo y las relaciones interpersonales. En forma aguda, una "mala noche" se asocia con somnolencia excesiva diurna y una disminución del nivel de alerta durante el día, alteraciones en la afectividad (como irritabilidad o depresión) y en las relaciones sociales. Aproximadamente, un tercio de la población no duerme la cantidad de sueño necesario, lo que constituye un problema global de salud pública. Se ha demostrado que el nivel de alerta luego de permanecer 17 horas de vigilia continua equivale al de una persona con 0,05 % de alcohol en sangre (0,5 g/l). Al igual que en la privación aguda de sueño, la privación de sueño crónica afecta el rendimiento cognitivo, la productividad laboral e incrementa el riesgo de cometer errores y accidentes, pero, además, aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, metabólicas, oncológicas y neurológicas,

así como trastornos de la afectividad (depresión o ansiedad).

En muchas ocasiones, el personal que desempeña tareas vinculadas a la defensa nacional se encuentra expuesto a condiciones laborales de alta exigencia física y cognitiva, vinculadas a la ejecución de tareas de forma continua por periodos prolongados, trabajo nocturno o trabajo en turnos rotativos. Por ejemplo, podemos mencionar los sistemas de seguridad de las unidades militares, los servicios de guardias hospitalarias y las ejercitaciones militares, entre otros. Además, cuando se despliega en el ámbito operacional, se enfrenta a una serie de situaciones estresantes, que incluyen el estrés propio de la actividad y de su entorno de riesgo. A esto se suma la privación de sueño y la fatiga debido a extensas horas de trabajo sin interrupción. La privación de sueño, su mala calidad o la obtención de este en distintos momentos del día impactan negativamente en el rendimiento, en los índices de accidentes y errores, y en la calidad de vida y salud del personal afectado.

## **Fisiología del sueño**

Todas las funciones del cuerpo humano presentan una fluctuación normal durante el día con un momento de máxima y otro de mínima actividad, lo que nos permite estar mejor preparados para enfrentar las diferentes necesidades de nuestro organismo. El rendimiento físico e intelectual no es uniforme a lo largo del día. Por ejemplo, la velocidad de reacción es máxima por la tarde; la precisión, por la mañana y la propensión a obtener sueño, al caer la noche. El cerebro sincroniza todas las funciones biológicas entre sí y con el medio ambiente para obtener un funcionamiento pleno.

Tal vez el ritmo biológico más evidente sea el de sueño/vigilia. El sueño es un estado de inconciencia del cual podemos ser despertados. El conocimiento que poseemos sobre la fisiología del sueño nos permite comprender la importancia de este y de los eventos que ocurren cuando se ve alterado, lo que nos habilita a aplicar medidas para mitigar las consecuencias de dichas alteraciones.

## Los mecanismos que regulan el sueño

### El modelo de los dos procesos

El modelo de dos procesos de la regulación del sueño permite describir los factores que influyen en su inicio, mantenimiento y finalización, y abarca la interacción de un mecanismo homeostático denominado proceso S y otro circadiano o proceso C.

### El proceso circadiano del sueño (proceso C)

El ritmo del sueño está parcialmente regulado en nuestro cerebro por un reloj biológico y, en el humano, es de preferencia nocturna. Este reloj es una adaptación ancestral que nos permite sincronizarnos con el ciclo de luz y oscuridad de 24 horas, en relación con el período de rotación de nuestro planeta sobre su propio eje. De hecho, incluso organismos filogenéticamente muy antiguos tienen mecanismos similares, lo que sugiere que los relojes circadianos han existido desde hace millones de años.

El reloj biológico se localiza en los núcleos supraquiasmáticos, los cuales constituyen agrupamientos celulares ubicados en el centro del cerebro, dentro de una estructura conocida como hipotálamo. Una característica de estos relojes es su sensibilidad a la luz. En los seres humanos, el reloj circadiano capta la intensidad de la luz a través de una red especial de células en la retina del ojo. Estas células, que no están involucradas en la visión, transmiten la información luminosa a los núcleos supraquiasmáticos. Las células del reloj son intrínsecamente rítmicas gracias a la expresión periódica de un grupo de genes, los genes del reloj, y generan señales bioquímicas que permiten diferenciar el día de la noche. Sin embargo, tienen una ligera tendencia a tener un ciclo ligeramente más largo que el de 24 horas, con un ritmo interno de 24,5 horas, que es ajustado a 24 horas por la influencia de señales ambientales, especialmente la luz de la mañana. Se lo conoce como ritmo circadiano, del latín *circa* (alrededor de) y *dies*, (día).

Así, el reloj funciona como una suerte de reloj de pulsera, en

el sentido de un reloj que indica un momento del día. La actividad de estos núcleos promueve el estado de alerta, ya que inhibe indirectamente el área preóptica ventrolateral del hipotálamo, que promueve el sueño. Su actividad es máxima hacia el fin de la tarde y, al caer la luz del sol, empieza a decaer. Con la disminución de la luz solar, también se empieza a liberar melatonina por la glándula pineal, que potencia este mecanismo. La melatonina es una molécula que brinda información temporal acerca de la duración de la noche (hormona de la oscuridad) a todas las células del organismo, necesaria para sincronizar los ritmos circadianos. Tiene un patrón circadiano de secreción, con niveles muy bajos durante las horas del día y niveles elevados durante la noche.

La sensibilidad del reloj circadiano a la luz permite adaptarnos al ciclo natural de día y noche, que se traduce en periodos de actividad diurnos y de descanso nocturnos. Esta sincronización se ve comprometida cuando es necesario dormir en momentos desincronizados con el ciclo día/noche, como en los trabajos nocturnos o cuando se atraviesan diferentes zonas horarias por un viaje en avión (Figura 1).

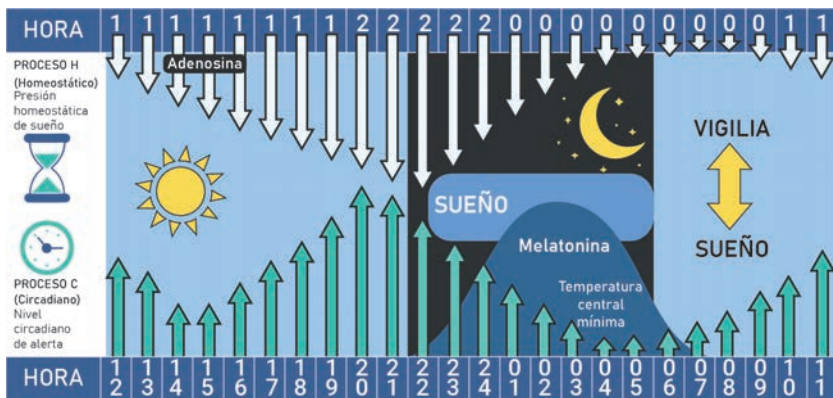


Figura 1. Modelo de Borbély de los procesos del sueño. Adaptado de Borbély y Achermann, 1999 (Cardinali, 2013). El proceso homeostático aumenta con la vigilia y contribuye a la propensión al sueño, mientras que el proceso circadiano promueve el estado de alerta y es independiente de las horas de vigilia previa. Las condiciones propicias para dormir se dan luego de un periodo de vigilia prolongado (proceso S) y cuando el proceso circadiano (proceso C) que promueve el estado de alerta disminuye por la puesta del sol y por el aumento de la secreción de la hormona melatonina.

## **El proceso homeostático del sueño (proceso S)**

Este proceso aumenta la propensión para conciliar el sueño a medida que transcurren las horas de vigilia, mientras que se disipa a medida que avanza el sueño. Durante la vigilia, se acumula una molécula conocida como adenosina en el prosencéfalo basal, una región ubicada en la parte inferior frontal de nuestro cerebro. A diferencia del proceso circadiano, el proceso homeostático funciona como un reloj de arena (en el sentido de un reloj que indica el tiempo transcurrido y no un momento determinado). Esta molécula estimula el área preóptica ventrolateral del hipotálamo que, como dijimos, promueve el sueño (Figura 2).

## **Interacción entre los procesos S y C**

El sueño se produce por la interacción de estos dos procesos. Inicia cuando existe una fuerte necesidad para dormir debido a una vigilia prolongada (proceso S) y cuando el nivel circadiano de alerta es bajo (proceso C), lo cual coincide con el incremento de la secreción de melatonina y disminución de temperatura corporal. La interacción entre los procesos S y C da lugar a dos momentos de máxima somnolencia en un período de 24 horas:

- Un máximo nivel de somnolencia en las primeras horas de la mañana, conocido como ventana del mínimo circadiano, generalmente entre las 3:00 y las 5:00 (si la persona se hubiese mantenido despierta) y un pico a primera hora de la tarde, conocido como ventana de la siesta, generalmente entre las 15:00 y las 17:00.
- La restricción o interrupción del sueño durante la noche dificulta permanecer despierto durante esta ventana de la siesta de la tarde.

Por otro lado, las “ventanas” en las que el nivel de alerta es mayor son al final de la mañana y al final de la tarde (zona de mantenimiento de la vigilia vespertina). El momento exacto de estos períodos varía entre personas con perfiles matutinos (“alondras”; horarios preferidos de sueño más tempranos) y perfiles vesperti-

nos (“búhos”; horarios preferidos de sueño más tardíos). Durante la adolescencia, la mayoría de las personas tienden a tener un perfil vespertino, pero a medida que envejecen, tienden a desarrollar un perfil matutino.

En resumen, los efectos combinados del reloj circadiano y de la presión homeostática del sueño definen las “ventanas” en las que se tiende a tener sueño (mayor somnolencia por la madrugada y en las primeras horas de la tarde) y las “ventanas” en las que se tiende a estar despierto (al final de la mañana y la zona de mantenimiento de la vigilia vespertina).

## **Sensibilidad circadiana a la luz**

El reloj circadiano puede ajustarse según la intensidad de la luz ambiental para mantenerse sincronizado con el ciclo natural día/noche de 24 horas, a pesar de tener una duración ligeramente mayor (24,5 horas). El efecto de la luz en el reloj circadiano varía dependiendo del momento en el ciclo del reloj en el que se produce la exposición a la luz:

- La exposición a la luz por la mañana acelera temporalmente el reloj circadiano, lo que equivale a un avance de la fase. Se llama fase al momento determinado de un ciclo que caracteriza al ritmo, generalmente su valor máximo o mínimo.
- La exposición a la luz durante la mitad del día tiene un efecto mínimo.
- La exposición a la luz en la noche, antes del mínimo de la temperatura corporal (04:00 a. m.), ralentiza temporalmente el reloj circadiano, lo que equivale a un retraso de fase.

La luz intensa (> 2.500 lux<sup>1</sup>) provoca cambios más significativos en el ciclo del reloj circadiano que la luz tenue y el reloj es particularmente sensible a la luz fría o blanca con tonos azulados (longitud de onda de 460 nm del espectro de la luz). Una exposición ade-

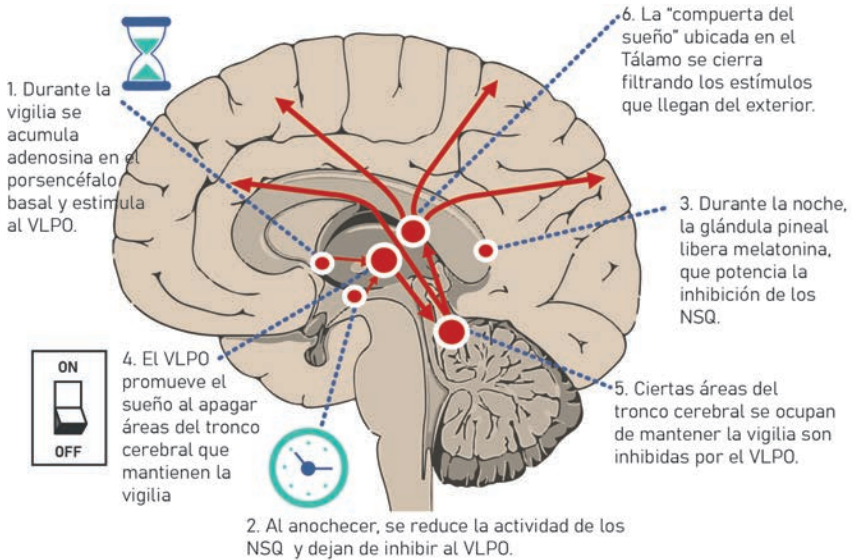
---

<sup>1</sup> El flujo luminoso de una fuente se mide en lúmenes (lm) y el nivel de iluminación de una fuente de luz sobre un ambiente en luxes (lx); 1 lux equivale a 1 lumen por metro cuadrado (lx=lm/m<sup>2</sup>).

cuada a la luz natural en las mañanas acelera el ciclo circadiano de 24,5 horas lo suficiente como para sincronizarlo en 24 horas. Pero, además, el reloj circadiano es sensible a otras señales temporales del entorno que pueden sincronizarlo, como la alimentación y la actividad física. La capacidad del reloj circadiano para adaptarse al ciclo de 24 horas del día y la noche ha permitido la adecuada adaptación del hombre al ambiente. En las sociedades modernas en general, y en las actividades de las fuerzas armadas en particular, la exposición a la luz puede no darse en forma adecuada (puede ser débil en un trabajo de oficina o presentarse de forma intensa por la noche en una actividad operacional), lo que puede generar una alteración de los procesos que regulan el sueño descrito en el presente capítulo.

## **El interruptor del sueño: el área preóptica ventrolateral del hipotálamo**

De acuerdo con lo descrito, hacia la noche el área preóptica ventrolateral del hipotálamo (VLPO, por sus siglas en inglés) deja de estar inhibida por los núcleos supraquiasmáticos (proceso C) y empieza a estar estimulada por la adenosina (proceso S). El área preóptica ventrolateral del hipotálamo actúa como un interruptor que apaga ciertas áreas del tronco del cerebro que, durante la vigilia, mantienen activa la corteza cerebral y abierta la “compuerta del sueño” ubicada en el tálamo (otra estructura cerebral, que se encuentra por encima del hipotálamo). Esta compuerta se ocupa de filtrar los estímulos que llegan del exterior y regular la actividad eléctrica del cerebro de forma concomitante a las etapas del sueño y de la vigilia (Figura 2).



**Figura 2. Mecanismos involucrados en la regulación del sueño.** Ciertas áreas del tronco cerebral que se ocupan de mantener la vigilia son inhibidas por el área preóptica ventrolateral del hipotálamo (VLPO). Durante la vigilia se acumula adenosina en el prosencéfalo basal, que estimula al VLPO, la cual es promotora del sueño. Además, al anochecer, se reduce la actividad de los núcleos supraquiasmáticos (NSQ) y se deja de inhibir al VLPO. Durante la noche, la glándula pineal libera la hormona melatonina, que potencia la inhibición de los NSQ. El tálamo actúa como una "compuerta del sueño", ya que filtra los estímulos que llegan del exterior.

## La arquitectura del sueño

La estructura del sueño humano se caracteriza por la alternancia entre dos fases distintas: los ciclos de sueño sin movimientos oculares (No REM, por sus siglas en inglés) y los de movimientos rápidos de los ojos (REM, por sus siglas en inglés). Estos ciclos se suceden en intervalos aproximados de 90 a 120 minutos. Un sueño adecuado requiere la alternancia de 4-5 ciclos completos no REM / REM.

Existen varias formas de estudiar lo que ocurre en el cuerpo durante el sueño. El método común y completo se llama polisomnografía. A través de una serie de sensores, esta técnica permite

registrar diversos tipos de actividad fisiológica, lo que incluye la actividad eléctrica cerebral (electroencefalograma o EEG), los movimientos oculares (electrooculograma o EOG), el tono y los movimientos musculares (electromiografía o EMG), la actividad cardíaca (electrocardiograma o ECG) y la actividad respiratoria (saturación de oxígeno, flujo aéreo y esfuerzo torácico).

## **Sueño no REM**

El sueño no REM se caracteriza por un enlentecimiento gradual de las ondas cerebrales registradas en el EEG en comparación con la actividad cerebral durante la vigilia. Además, la amplitud de las ondas cerebrales aumenta, lo que indica una sincronización de la actividad eléctrica de un gran número de células neuronas.

El sueño no REM se divide en tres etapas según las características de las ondas cerebrales registradas por electroencefalografía (EEG); las etapas 1 y 2 representan el sueño más ligero, durante el cual es fácil despertar a alguien. Normalmente, se ingresa al sueño en la etapa N1, adormecimiento o sueño de transición, que se caracteriza por ondas theta de baja amplitud y con una frecuencia entre 4 y 7 Hz. Luego se pasa a la Etapa N2 o superficial, donde las ondas theta continúan, pero también aparecen husos del sueño, que son ráfagas de actividad rápida con frecuencias de 12 a 16 Hz, y complejos K, que son picos abruptos de alta amplitud. La Etapa N3 representa un sueño más profundo, durante el cual es difícil despertar a alguien. Esta etapa se caracteriza por ondas delta, que son ondas lentas de gran amplitud con frecuencias entre 0.5 y 4 Hz, y se conoce como sueño de ondas lentas o sueño profundo.

La cantidad de sueño de ondas lentas depende del periodo de vigilia previa, aumenta cuando la persona no ha dormido o ha dormido poco las noches previas. Este sueño tiene propiedades importantes en la recuperación física y mental. En esta etapa del sueño, se suele soñar con episodios ocurridos durante la jornada y se consolida la memoria que tiene que ver con el aprendizaje de conceptos (el saber "qué"). Las personas que despiertan del sueño no REM suelen tener poco recuerdo de la actividad mental. Se libera hormona de crecimiento, que es importante en la vida adulta para facilitar los procesos de restauración del organismo, y la se-

creción de melatonina llega a un máximo. Predomina la inmunidad orientada a combatir los patógenos intracelulares y los tumores. Disminuye la frecuencia respiratoria y cardíaca, y también el consumo energético.

## **Sueño REM**

Durante el sueño REM, la actividad cerebral registrada por electroencefalografía (EEG) es similar a la actividad cerebral durante la vigilia (ondas de baja amplitud y alta frecuencia, de 13 a 30 Hz, que indican un alto nivel de actividad cerebral). Durante el sueño REM, por momentos, los ojos se mueven rápidamente debajo de los párpados cerrados, lo que se conoce como movimientos oculares rápidos. En esta etapa, el metabolismo local de áreas cerebrales vinculadas con la emocionalidad, como el sistema límbico, supera el de la actividad diurna normal. Se consolidan las memorias que se vinculan con el aprendizaje de procedimientos (el saber "cómo") y se estimula el desarrollo y la preservación de las vías nerviosas. A medida que avanza la noche, la secreción de hormona del crecimiento y melatonina disminuye y aparece alguna elevación transitoria del cortisol. Nuestros músculos se encuentran paralizados (salvo los músculos oculares, el diafragma y el corazón). Aumenta la amplitud de las variaciones de la frecuencia cardíaca y respiratoria, y perdemos el control de nuestra temperatura corporal. De alguna forma, nuestro cuerpo se desconecta de nuestro cerebro, que está activamente soñando.

En el sueño REM, se produce el 80 % de la ensoñación. Las personas que despiertan de un sueño REM suelen recordar los sueños como vívidos y muchas veces con poca estructura racional. Como el cuerpo no puede moverse en respuesta a las señales del cerebro, los sueños no pueden ser actuados. A veces, al despertar del sueño REM, las personas experimentan una breve parálisis si hay un retraso en la reactivación de la capacidad de movimiento. Según la visión neurocognitiva actual, los sueños son breves momentos de conciencia en los que nos damos cuenta de todo el procesamiento que el cerebro realiza normalmente de forma inconsciente. Este procesamiento incluye la reactivación de recuerdos y emociones de experiencias pasadas, su integración con las experiencias

recientes del período de vigilia y una suerte de simulación de experiencias que podrían llegar a acontecer y que nos prepara para interactuar con el mundo exterior.

## **Ciclos no REM/REM**

Como se ha mencionado, durante una noche de sueño normal, el sueño no REM y el sueño REM se alternan en un ciclo que tiene una duración aproximada de 90 minutos, aunque esta duración puede variar por diversos factores. La Figura 3 muestra un diagrama (hipnograma) que describe el ciclo no REM/REM a lo largo de la noche en un joven adulto sano. El sueño real no es tan estructurado como el que se muestra en el diagrama; habitualmente, incluye más transiciones hacia un sueño más ligero y despertares breves. Las etapas del sueño se indican en el eje vertical, mientras que el tiempo se representa en el eje horizontal.

El sueño comienza en la Etapa 1 no REM y luego se profundiza gradualmente a través de las siguientes etapas del sueño no REM, acompañado de algunos movimientos corporales. Después de aproximadamente 80 a 90 minutos de sueño, se produce una transición desde el sueño de ondas lentas (Etapa 3) hacia el primer período de sueño REM de la noche. Después de un primer REM relativamente corto, la persona vuelve a entrar en un sueño no REM superficial y luego nuevamente en el sueño de ondas lentas y así se va repitiendo el ciclo.

La duración del sueño profundo (N3) en cada ciclo no REM/REM disminuye a lo largo de la noche y este puede desaparecer por completo en los ciclos posteriores. Por otro lado, la cantidad de sueño REM en cada ciclo no REM/REM aumenta a lo largo de este periodo, con episodios más prolongados en los ciclos finales. El sueño de ondas lentas predomina al comienzo de un período de descanso, independientemente de la hora del día en que se inicia el sueño.

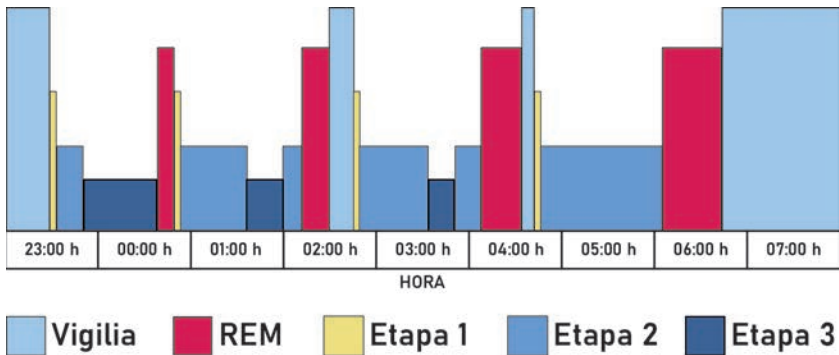


Figura 3. Diagrama del ciclo nocturno de sueño no-REM / REM (Hipnograma). Se esquematiza la extensión de los ciclos de sueño no-REM/REM a lo largo de la noche en un joven adulto sano.

## Inercia del sueño

La inercia del sueño es un estado de somnolencia y disminución temporal de las capacidades cognitivas y físicas que se experimenta al despertarse. Durante este periodo, que puede durar desde unos pocos minutos hasta una hora o más, la persona puede sentirse desorientada, aturdida y menos alerta, lo que aumenta el riesgo de cometer errores. Este fenómeno es más pronunciado cuando se despierta desde el sueño profundo (Etapa 3 del sueño no REM) y más breve, desde sueño REM, en comparación con el despertar desde las etapas más ligeras del sueño no REM.

## Trastornos del sueño

Los trastornos del sueño son muy frecuentes en la población general, incluso en poblaciones relativamente jóvenes y aparentemente sanas. Se calcula que hasta un tercio de la población actual padece algunos de los trastornos relacionados con el sueño (50 % en Estados Unidos, 30 % en Europa y 23 % en Latinoamérica). La calidad del sueño puede verse afectada por diversos trastornos, lo que dificulta lograr un sueño reparador, incluso cuando se dedica

suficiente tiempo a intentar dormir. La Clasificación Internacional de los Trastornos del Sueño (ICSD-3) incluye a más de 80 enfermedades del sueño divididas en seis grupos: insomnios, trastornos respiratorios del sueño, hipersomnolencia, alteraciones de ritmo circadiano, parasomnias y trastornos del movimiento en sueño. Los motivos más frecuentes de consulta son la falta o mala calidad de sueño, somnolencia excesiva diurna, fatiga o cansancio atribuido a un mal descanso nocturno, ronquidos y pausas en la respiración, y movimientos intensos en sueño. En la edad adulta, son muy frecuentes el insomnio, los trastornos respiratorios (apneas del sueño), el sueño insuficiente y los trastornos asociados al trabajo por turnos (guardias).

En esta sección, detallaremos los trastornos más frecuentes en la población militar y describiremos las recomendaciones para abordarlos desde una perspectiva individual. En las secciones subsiguientes, exploraremos el enfoque de los trastornos del sueño desde una perspectiva organizacional y nos centraremos en cómo se puede gestionar el riesgo de una de las consecuencias más críticas para las operaciones militares: la fatiga.

## **Insomnio**

### **Definición**

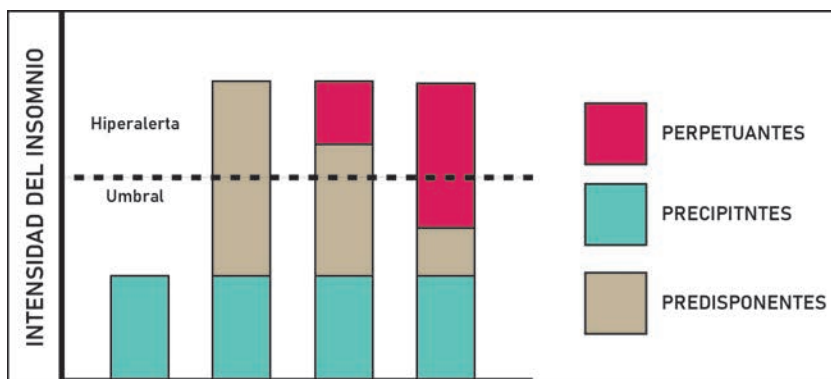
El término insomnio se utiliza comúnmente para referirse a quejas de una mala calidad de sueño o sueño no reparador, aunque el insomnio como trastorno de sueño se refiere estrictamente a una dificultad persistente en la conciliación o el mantenimiento del sueño a pesar de que las circunstancias y oportunidades para dormir sean las adecuadas. La dificultad para conseguir un sueño satisfactorio genera un malestar durante el día y afecta su calidad de vida. En el insomnio de conciliación, hay dificultades para iniciar el sueño y es la forma más frecuente en jóvenes y en personas bajo un estado de estrés o ansiedad. En el insomnio de mantenimiento, hay frecuentes interrupciones o períodos de vigilia durante la noche o un despertar al menos dos horas antes de lo deseado, sin poder justificarse por uso de drogas, tóxicos u otras condiciones médicas o de salud mental.

## **Prevalencia**

El insomnio es el trastorno del sueño más frecuente y tiene una prevalencia variable; alrededor de un 30 % de la población tiene alguna dificultad para iniciar o mantener el sueño, mientras que alrededor de un 15 % sufre además un malestar diurno por un sueño de mala calidad. Sin embargo, un porcentaje menor (entre un 6 y un 10 %) de la población cumple con los criterios diagnósticos de insomnio, con una mayor prevalencia en mujeres y en sectores de bajos ingresos económicos.

## **Causas**

El insomnio se considera un estado de hiperalerta o de excesiva vigilancia durante las 24 horas, que genera una menor presión de sueño al ir a la cama por presentar un mayor nivel de activación fisiológica. El modelo de las 3 P explica conceptualmente los factores que contribuyen a su aparición, desarrollo y mantenimiento (Figura 4); este estado es el resultado de una serie de factores conductuales y cognitivos que lo perpetúan, con independencia de las causas que lo pudieron originar. Los factores predisponentes son características individuales que generan una mayor vulnerabilidad al insomnio, trastornos del estado del ánimo, depresión, ansiedad, personalidad obsesiva o tendencia a internalizar las emociones, sexo femenino o bajo nivel económico; por otro lado, los factores precipitantes son aquellos acontecimientos vitales estresantes, como el estrés laboral, la muerte de un ser querido o sufrir un determinado problema de salud, los cuales pueden generar insomnio agudo en determinadas personas con mayor vulnerabilidad; los factores perpetuantes son aquellas creencias y comportamientos inadecuados, como el miedo a no dormir y el desarrollo de hábitos perjudiciales.



**Figura 4. Modelo teórico de las 3P de insomnio crónico.** En el eje vertical, se representa el nivel de alerta o activación cortical, que será elevado ante la presencia de factores predisponentes, pero, por sí solo, no superará el umbral para manifestarse como insomnio.

El insomnio asociado a situaciones estresantes tiende a desaparecer cuando el individuo se ajusta a la nueva situación o desaparece el evento que lo precipitó. Sin embargo, el insomnio puede convertirse en crónico si, como respuesta a sus dificultades para dormir, la persona desarrolla pensamientos negativos acerca del sueño, una ansiedad anticipatoria, creencias erróneas y comportamientos que generan un estado de excesiva activación emocional y fisiológica que impide dormir por un proceso de condicionamiento que crece y se retroalimenta.

## Cuadro clínico

Las características esenciales del insomnio crónico incluyen una queja subjetiva de dificultad para conseguir un sueño satisfactorio (cantidad o calidad del sueño) con afectación en las actividades durante el día, lo que puede ocurrir tanto en las esferas social, laboral, académica, emocional o en otras áreas importantes del funcionamiento humano. Se suele presentar fatiga, ansiedad, irritabilidad, estrés, angustia, depresión, déficits leves en la atención, concentración, memoria y rendimiento. Son frecuentes los rasgos de personalidad obsesiva o de excesiva preocupación, también con

quejas físicas inespecíficas, gastrointestinales, respiratorias, dolores de cabeza y dolores no específicos. El insomnio está muy relacionado con otras condiciones médicas que deben considerarse y tratar, como dolor crónico, depresión o ansiedad, o con otros trastornos del sueño, como la apnea del sueño.

El diagnóstico se realiza en una consulta médica por la información proporcionada por el paciente sin necesidad inicial de ningún estudio complementario. El diario de sueño es una herramienta útil para caracterizar el insomnio, en el cual el propio paciente registra durante dos semanas la hora de inicio y fin de sueño nocturno, siestas y tiempo estimado de estar despierto en la cama sin dormir. La actigrafía consiste en un registro objetivo y prolongado de sueño a través de un sensor de movimientos colocado en la muñeca del paciente que permite inferir el tiempo de sueño sin la influencia de la percepción subjetiva del paciente. La polisomnografía nocturna consiste en el registro nocturno del sueño mediante una serie de variables biológicas, como se ha descrito previamente; es indicada ante la sospecha de un trastorno del sueño asociado que genera una mayor cantidad de despertares o insomnes refractarios a tratamiento.

El insomnio tiene importantes consecuencias sanitarias y económicas. Además del deterioro de la calidad de vida, las personas que sufren insomnio realizan más consultas médicas y consumen una mayor cantidad de fármacos. Se asocia con un aumento del riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas y cardiovasculares, entre otras. Por otra parte, generan un mayor ausentismo laboral, una reducción de la productividad y una mayor siniestralidad laboral. Los pacientes con insomnio crónico tienen un riesgo mayor de padecer otros trastornos psiquiátricos, especialmente depresión, ansiedad o alcoholismo. Los pacientes con depresión mayor suelen presentar insomnio; a su vez, el insomnio aumenta la probabilidad de padecer depresión.

## **Recomendaciones**

Se debe realizar un abordaje combinado de medidas de higiene del sueño junto con un tratamiento psicológico o farmacológico a corto plazo. Se necesita brindar información completa para com-

prender el origen del problema, implicarse en el proceso de toma de decisiones y corregir aquellas ideas erróneas que se tengan sobre el sueño. El tratamiento psicoterapéutico de tipo cognitivo conductual consiste en identificar pensamientos y expectativas ilógicas que generan angustia, aclararlos y corregir aquellos pensamientos disfuncionales, que, a su vez, tienen consecuencias conductuales, como la idea de que después de una noche de insomnio hay que acostarse más temprano para compensar la falta de sueño. Algunas estrategias se describen en la Tabla 1.

**TABLA 1. TERAPIAS PSICOLÓGICAS Y CONDUCTUALES PARA INSOMNIO**

**Control de estímulos:** método conductual diseñado para reforzar la asociación entre la cama o el dormitorio y actividades relacionadas con la relajación y el sueño. Se busca evitar acciones que interfieran con el descanso y puedan crear un condicionamiento desfavorable hacia el insomnio.

**Restricción del sueño:** estrategia que limita el tiempo que una persona con insomnio permanece en la cama cada noche. Esto ayuda a incrementar la presión de sueño al momento de acostarse, lo cual provoca una leve privación de sueño controlada.

**Ejercicios de relajación:** enfocados en disminuir el hiperarousal fisiológico característico de los pacientes con insomnio, estos métodos pueden practicarse durante el día, antes de acostarse e incluso durante la noche si el paciente se despierta y tiene dificultades para volver a dormir. Entre ellos se incluyen técnicas de mindfulness basadas en la meditación, efectivas para tratar el insomnio.

**Terapia cognitiva:** intervención psicoterapéutica centrada en la reestructuración de pensamientos y creencias erróneas sobre el sueño que suelen tener los pacientes con insomnio. Estas creencias, a menudo de carácter catastrófico, amplifican la ansiedad y la preocupación al predecir consecuencias negativas sobre el desempeño diario y la calidad de vida en general. Dichas cogniciones aumentan el estrés y dificultan el descanso nocturno.

**Educación en higiene del sueño:** esta intervención no constituye un tratamiento eficaz por sí sola, pero es fundamental para acompañar todo tratamiento. A continuación, se enumeran 10 aspectos fundamentales:

1. Establecer horarios regulares: mantener una rutina constante para acostarse y levantarse disminuye el riesgo de problemas crónicos del sueño.

2. Crear un ambiente adecuado: asegurar condiciones óptimas, como temperatura agradable (18-24 °C), silencio, oscuridad y un colchón confortable.

3. Cuidar la alimentación: evitar comidas pesadas antes de dormir. Si se tiene hambre, consumir algo ligero, como productos lácteos que contienen triptófano, para favorecer el sueño.

|  |
|--|
| 4. Reducir estimulantes: limitar el consumo de café, té, bebidas cola, alcohol y tabaco, especialmente en la tarde y noche, debido a sus efectos excitantes.   |
| 5. Respetar el tiempo en cama: permanecer entre siete y ocho horas suele ser suficiente; quedarse más tiempo puede fragmentarlo. Acostarse solo al sentir sueño y evitar tiempos prolongados sin dormir.   |
| 6. Evitar siestas prolongadas: las siestas deben durar menos de 30 minutos y no deben realizarse en horarios tardíos para no interferir con el sueño nocturno.   |
| 7. Hacer ejercicio regularmente: actividades suaves como caminar o nadar, preferiblemente con exposición al sol, mejoran el sueño si se realizan al menos tres horas antes de acostarse.   |
| 8. Evitar actividades estimulantes antes de dormir: no usar dispositivos electrónicos ni realizar tareas demandantes en la cama; esto refuerza la asociación del dormitorio con el descanso.   |
| 9. Establecer una rutina nocturna: seguir un patrón de acciones relajantes, como preparar la ropa o lavarse los dientes, prepara la mente y el cuerpo para dormir.   |
| 10. Practicar técnicas de relajación: respirar profundamente, imaginar escenarios tranquilos o visualizar como las preocupaciones desaparecen ayuda a relajarse y conciliar el sueño. La técnica de respiración 4-7-8 consiste en inhalar por 4 segundos, retener el aire por 7 segundos y exhalar por 8 segundos. |
| <i>Adaptada de Martínez Hernández J. y Lozano Olivares J. Insomnio: pautas de actuación y seguimiento. España, 2016.</i>   |

El tratamiento farmacológico debe ser transitorio; mediante este, se busca incrementar la somnolencia o bajar el nivel de activación fisiológica a través de diversos psicofármacos (hipnóticos o antidepresivos) con efecto depresor del sistema nervioso. Existen varios medicamentos disponibles que están aprobados como agentes para dormir o que se usan debido a sus efectos secundarios sedantes. Se debe considerar cuidadosamente la edad, las comorbilidades y los factores de riesgo al revisar las opciones de tratamiento. En general, estos medicamentos tienen efectos secundarios significativos y se recomiendan solo para uso a corto plazo. Otras opciones están fuera de etiqueta (*off-label*) por ser una prescripción de un medicamento para un propósito distinto a aquel por el que fue aprobado, como trazodona, antidepresivos tricíclicos, mirtazapina e hidroxizina. El objetivo es alcanzar un equilibrio favorable entre los potenciales efectos tanto terapéuticos como secundarios. A modo de ejemplo, se mencionan algunos en

la Tabla 2:

| TABLA 2. FÁRMACOS UTILIZADOS HABITUALMENTE PARA TRATAR EL INSOMNIO                                |            |                |   |
|---|------------|----------------|---|
| Fármaco   | Vida media | Dosis          | Efectos adversos  |
| MELATONINA (primera línea de tratamiento). Efectos agonistas melatoninérgicos.                    |            |                |   |
| Melatonina  | 1 h        | 3 a 15 mg      | Somnolencia, cefalea, mareos, náuseas, sedación, ansiedad, dolor abdominal.   |
| Melatonina LP   | 2 h        | 2 mg           |   |
| ANÁLOGOS DE BENZODIACEPINAS (DROGAS Z). Efectos agonistas GABA (depresores del sistema nervioso). |            |                |   |
| Zolpidem  | 2,5 h      | 5 a 10 mg      | Sedación, mareos, amnesia, alucinaciones, sonambulismo, sabor metálico, diarrea, nauseas, cefalea, nerviosismo.   |
| Zolpidem LP   | 4 h        | 6,25 a 12,5 mg |   |
| Zopiclona   | 4 h        | 3,75 a 7,5 mg  |   |
| Eszopiclona   | 6 h        | 2 a 3 mg       |   |
| BENZODIACEPINAS. Efectos agonistas GABA (depresores del sistema nervioso).                        |            |                |   |
| Alprazolam  | 12 h       | 0,25 a 0,5 mg  | Sedación, somnolencia, fatiga, depresión, debilidad, confusión, trastorno del habla, amnesia, mareos, nerviosismo, reducción sueño N3, elevado riesgo de abuso. |
| Lorazepam   | 12 h       | 1 a 2 mg       |   |
| Bromazepam  | 12 h       | 3 mg           |   |
| Clonazepam  | 24 h       | 0,5 a 1 mg     |   |

| ANTIDEPRESIVOS. Efectos inhibidores de histamina, serotonina, noradrenalina, acetilcolina.                               |           |              |   |
|--|-----------|--------------|---|
| Difenhidramina   |           | 25 mg        | Cefalea, somnolencia, mareos, constipación, náuseas, tolerancia.                                |
| Amitriptilina  | 12 a 24 h | 12,5 a 50 mg | Hipotensión, arritmias, convulsiones, constipación, glaucoma, confusión, manía, sequedad bucal. |
| Paroxetina   | 24 h      | 10 a 40 mg   | Aumento de peso, disfunción sexual, hiponatremia, náusea, constipación.                         |
| Mirtazapina  | 20 a 40 h | 7,5 mg       | Sedación, mareos, confusión, hipotensión, sequedad bucal, aumento de peso.                      |
| Trazodona  | 5 a 9 h   | 50 mg        | Sedación, náuseas, constipación, mareos, confusión, hipotensión, sequedad bucal.                |
| <i>Adaptada de Martínez Hernández J. y Lozano Olivares J. Insomnio: pautas de actuación y seguimiento. España, 2016.</i> |           |              |   |

Tradicionalmente, como primera línea, se prefieren los medicamentos de venta libre como la melatonina. En segunda línea, se encuentran las drogas no-benzodiacepínicas debido a su menor cantidad de efectos secundarios. En tercera línea, debido a sus efectos secundarios y su impacto negativo en el funcionamiento, se encuentran las drogas benzodiacepínicas, que son utilizadas como último recurso.

## **Apneas obstructivas del sueño**

### **Definición**

Las apneas obstructivas del sueño (AOS) se definen como episodios recurrentes de obstrucción de la vía aérea superior (VAS) durante el sueño que producen una reducción parcial (hipopnea) o total (apnea) del flujo aéreo por más de diez segundos de duración. Estos episodios se acompañan de ronquido intenso, caídas de la saturación de oxígeno en sangre y suelen terminar con breves microdespertares, lo que fragmenta el sueño y reduce la cantidad de sueño profundo. Cuando estos eventos están asociados a ciertos síntomas (como ronquidos y somnolencia diurna), constituyen el síndrome de apneas e hipopneas obstructivas del sueño (SAHOS). Sin embargo, muchos pacientes con AOS no refieren síntomas. El SAHOS genera un deterioro de la calidad de vida y un incremento de la mortalidad general, con riesgo mayor a desarrollar enfermedades cardiovasculares, neurológicas y metabólicas.

### **Prevalencia**

La prevalencia es muy variable y depende de la metodología de medición utilizada. Se estima actualmente una prevalencia de AOS de 22 % en hombres y 17 % en mujeres; en tanto que para SAHOS (AOS + síntomas), una prevalencia de 6 % en hombres y 4 % en mujeres. La AOS es más frecuente en hombres que en mujeres y aumenta con la edad y la obesidad. En mujeres postmenopáusicas la prevalencia se iguala a la de los hombres. El tabaquismo y el consumo de alcohol también se consideran factores de riesgo.

### **Causas**

El SAHOS se caracteriza por episodios repetitivos de colapso, total o parcial, de la VAS durante el sueño, lo que provoca una disminución cíclica del oxígeno en sangre (hipoxemia) y una respuesta autonómica de estrés (hiperactividad simpática). Los eventos

respiratorios finalizan por despertares transitorios. Los episodios de hipoxia estimulan esfuerzos inspiratorios y activación de los músculos dilatadores de la VAS para reanudar la respiración. La obstrucción suele presentarse en la faringe, una zona que tiende a colapsarse durante el sueño como resultado de un desequilibrio entre las fuerzas que tienden a cerrarla y mantenerla permeable (músculos dilatadores faríngeos). Favorecen el cierre de la VAS, las anomalías craneofaciales o de las partes blandas (macroglotia, amígdalas grandes) y la obesidad. Los mecanismos que subyacen en la aparición del SAHOS son múltiples y están interrelacionados; se necesita la conjunción e interacción de una VAS anatómicamente predispuesta, una inestabilidad en el control de la respiración propia del sueño y una ineficaz compensación de los músculos dilatadores para la aparición de apneas e hipopneas durante el sueño.

## **Cuadro clínico**

El cuadro clínico puede ser muy sugestivo, aunque no es específico. Habitualmente, se trata de un varón de edad media, con sobrepeso u obesidad, que presenta ronquido intenso y entrecortado por apneas. El síntoma diurno más relevante es la excesiva somnolencia diurna, como consecuencia del sueño fragmentado por los microdespertares repetidos e hipoxemia intermitente nocturna. La tríada típica consiste en ronquido, apneas observadas y somnolencia excesiva diurna. Otros síntomas nocturnos son el sueño intranquilo y el incremento de la diuresis nocturna, despertares asfícticos, sudoración profusa y pesadillas. Otros síntomas diurnos son falta de concentración, déficits de memoria, irritabilidad, malhumor, cansancio físico, cefalea matutina y síntomas depresivos, como falta de energía. El diagnóstico se realiza ante la sospecha durante una evaluación médica y se confirma mediante un estudio diagnóstico de sueño. La polisomnografía nocturna con oximetría es la prueba de referencia que, mediante una serie de sensores, puede detectar la arquitectura del sueño y los desórdenes respiratorios que se presenten durante toda una noche, entre otras variables analizadas. La poligrafía respiratoria es una prueba simplificada y domiciliaria que permite estudiar los desórdenes respi-

ratorios, pero sin poder registrar el tiempo de sueño, por lo que se solicita en aquellas personas con elevada sospecha de apneas y sin dificultades para mantener el sueño.

El SAHOS además puede afectar a diversos órganos y sistemas, acompañarse de diferentes consecuencias cardiovasculares y metabólicas. Existe un mayor riesgo a desarrollar hipertensión arterial, resistencia a la insulina, obesidad, síndrome metabólico y diabetes *mellitus*. También incrementa el riesgo de presentar arteriosclerosis, insuficiencia cardíaca, arritmias, infarto de miocardio y enfermedad cerebrovascular, por lo que incrementa el riesgo de mortalidad cardiovascular.

## Recomendaciones

Los objetivos del tratamiento se centran en el control de los signos y síntomas, la reducción de las apneas, mejorar la calidad del sueño y la saturación de oxígeno con disminución de los riesgos sobre la salud. Las medidas generales son recomendadas a todos los pacientes e incluyen estrategias de pérdida de peso y de una buena higiene del sueño. Se recomienda evitar el consumo de relajantes musculares, el consumo de tabaco y de bebidas alcohólicas antes de acostarse. En caso de congestión nasal o rinitis, se debe asegurar una adecuada permeabilidad de las fosas nasales. La posición corporal boca arriba incrementa la intensidad y duración de las apneas, por lo que se debe evitar esta posición durante el sueño.

En la mayoría de los pacientes, el tratamiento más efectivo es la aplicación de presión positiva continua en la vía aérea superior para evitar su colapso durante el sueño mediante los dispositivos de CPAP (*Continuous Positive Airway Pressure*). Este tratamiento controla los síntomas y mejora el funcionamiento diurno, mejora el control de la presión arterial, previene eventos cerebrovasculares y reduce la morbimortalidad cardiovascular. El dispositivo de CPAP consiste en una turbina que, tomando aire ambiental, genera un flujo constante y regulable de aire capaz de mantener permeable la vía aérea superior (Figura 5).

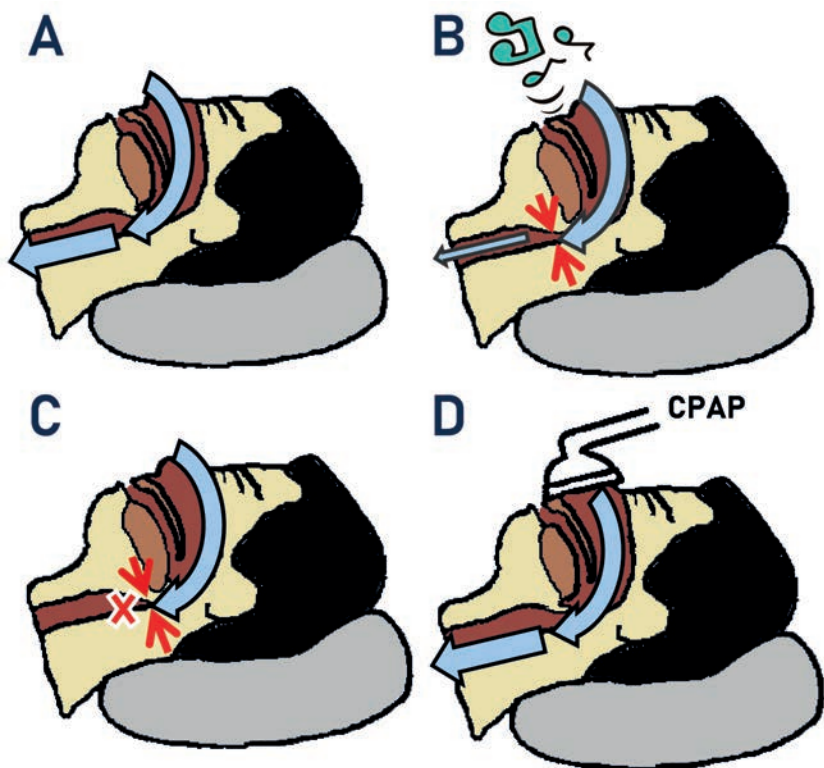


Figura 5. Esquema de la vía aérea superior en un paciente con apnea obstructiva del sueño. Se representa un sujeto con respiración normal (A), un sujeto con ronquidos e hipopnea obstructiva del sueño (B), un sujeto con apnea obstructiva del sueño (C) y un paciente tratado efectivamente con CPAP (D).

## Sueño insuficiente

### Definición

El síndrome de sueño insuficiente (SSI) se caracteriza por una necesidad irresistible de dormir durante el día en una persona que no logra obtener la cantidad de sueño recomendada para la edad debido a una restricción voluntaria del tiempo en la cama, ya sea

por obligaciones laborales o uso del despertador. Si bien no se logra el tiempo de sueño necesario para mantener niveles normales de alerta y vigilia, se mantiene intacta la capacidad para iniciar y mantener el sueño. La extensión del tiempo total de sueño da como resultado la resolución de los síntomas de la somnolencia.

## **Prevalencia**

El sueño insuficiente es un problema de salud global; si bien tradicionalmente se estima que afecta al 5 % de la población, diversos estudios en adultos jóvenes en países desarrollados (EE. UU., Noruega y Japón) estiman una prevalencia entre el 9 % y 23 % de la población.

## **Causas**

Las causas del SSI se pueden atribuir al surgimiento de la luz eléctrica y al desarrollo industrial, que generó un incremento de la actividad humana bajo un modelo productivo 24/7 (sociedad de 24 horas), donde la actividad continua y la anulación artificial de la noche generó que muchas personas duerman un menos tiempo del que su cuerpo requiere. Esta disparidad entre las horas de sueño necesarias y las reales a menudo no es percibida como tal por el paciente, que presenta un bajo rendimiento laboral y un riesgo mayor de contraer enfermedades.

## **Cuadro clínico**

La restricción del sueño noche tras noche conduce a una acumulación de efectos negativos con una disminución progresiva del nivel de alerta y del rendimiento día tras día. Esto altera la capacidad de concentración y la resolución creativa de problemas, dificulta la consolidación de la memoria y el aprendizaje, provoca fallas en la coordinación y un pensamiento más lento, y afecta la toma de decisiones, lo cual incrementa el riesgo de cometer erro-

res y accidentes. En general, las tareas mentales más complejas, como la toma de decisiones y la comunicación, se ven más afectadas por la pérdida de sueño que las tareas más simples. También se pueden experimentar breves episodios de sueño incontrolable (micro sueños), vinculados hasta un 25 % con los accidentes vehiculares. El riesgo de errores es mayor en trabajadores privados que realizan trabajos en turnos nocturnos, como se evidenció en el accidente naval del Exxon Valdez en Alaska, el accidente nuclear en Chernóbil y el escape de gases tóxicos en Bhopal. La falta crónica de sueño puede tener efectos negativos en la salud a largo plazo, como ya se describió al inicio del capítulo. Algunas personas muestran mayor resistencia a los efectos de la restricción del sueño, esto se relaciona con diferencias genéticas, la duración de la vigilia y el sueño previo, y el ritmo circadiano de cada función evaluada.

## **Recomendaciones**

El primer paso es que las personas con somnolencia diurna registren sus horarios de descanso en un diario del sueño, el cual debe servir como herramienta de autocontrol y permitir mejorar su rutina diaria y horarios de sueño. También hay que considerar que, luego de una restricción de sueño, la recuperación completa del rendimiento puede requerir dos o más noches de sueño normal, ya que un solo período de sueño más prolongado es insuficiente para recuperarse. En relación con las instituciones, se recomienda que fomenten la importancia del sueño y establezcan medidas específicas para mejorar su calidad, fomentar un buen descanso y un horario regular. De ser necesario, considerar horarios más tarde para el inicio de la actividad, limitar las actividades en la cama, evitar el acceso a la televisión e internet, la luz nocturna en los dormitorios o la posibilidad de trabajar en la cama. También se debe desmotivar el uso de dispositivos electrónicos antes de acostarse y el consumo de sustancias que puedan afectar el sueño, como mate o café. Se sugiere también incorporar el ejercicio como una rutina diaria.

## **Trastornos del ritmo circadiano**

### **Trabajo en turnos**

#### **Definición**

El trastorno del ritmo circadiano por trabajo en turnos se caracteriza por insomnio o somnolencia excesiva durante el día asociada temporalmente con un horario laboral que coincide con la hora habitual de dormir. Cuanto más se desplace el sueño fuera del período óptimo del ciclo circadiano, más difícil será dormir, lo que resulta en restricciones del sueño. Los trabajadores nocturnos suelen estar de servicio durante el período óptimo de sueño según su reloj circadiano, mientras que intentan dormir cuando el cuerpo favorece el estado de vigilia. Suelen tener un menor rendimiento laboral, fallas cognitivas en el trabajo y conflictos entre el trabajo y la familia. Generalmente, refieren un sueño de peor calidad aunque le destinen un tiempo suficiente al sueño durante el día.

#### **Prevalencia**

El trastorno de sueño por trabajo en turnos es un problema común en los países industrializados debido a la necesidad de que algunas ocupaciones y servicios funcionen las 24 horas del día. Se estima que hasta un 20 % de esta población trabaja en ocupaciones que requieren turnos; de los cuales, entre el 2 % al 5 % son nocturnos. Alrededor del 5 % al 10 % de los trabajadores por turnos experimentan insomnio o somnolencia diurna, y califican para este trastorno a causa de la desincronización circadiana y privación del sueño, con dificultades para mantener el nivel de alerta durante la noche y dificultades para conciliar el sueño durante el día.

#### **Causas**

Los trabajadores nocturnos tienen una adaptación variable de su sistema circadiano al turno nocturno; a largo plazo, la mayoría

no logra una adecuada adaptación y las obligaciones sociales aumentan la desincronización de sus ritmos, lo que da como resultado un sueño insuficiente. Por las características propias del sistema circadiano, al atardecer, previo a un trabajo de turno nocturno, el nivel circadiano de alerta es muy elevado y resulta difícil realizar una siesta. Por la mañana siguiente, el nivel de alerta vuelve a incrementarse, pero si la presión homeostática de sueño es mayor y puede obtenerse el sueño con mayor facilidad. En el caso de tomar una siesta tardía (luego de las 17:00 h) posterior a una noche de trabajo, puede ocurrir que, al intentar dormir a la hora de la noche, se encuentre una dificultad para conciliar el sueño, ya que, si bien es el momento circadiano adecuado (proceso C), la presión de sueño será baja (proceso S).

Si durante el regreso a casa, luego del turno de trabajo nocturno, se expone a la luz del sol, se puede experimentar un avance de fase circadiana, con dificultades mayores para conciliar el sueño por la mañana y un deseo de dormir más temprano por la noche. Mientras que la exposición a una luz brillante por la noche, al inicio del turno de trabajo, y evitar la luz del sol por la mañana ayuda a retrasar la fase circadiana y facilita el sueño diurno (Figura 6). Las personas de edad avanzada o con cronotipo matutino (“alondras”) suelen tener una menor adaptación al trabajo nocturno. Existen varias situaciones que exacerban la mala adaptación, como los turnos prolongados, retomar las actividades habituales de una vida social y familiar diurna al regresar del trabajo, y, generalmente, se busca compensar parcialmente al incrementar el tiempo de sueño durante los días libres o fines de semana.

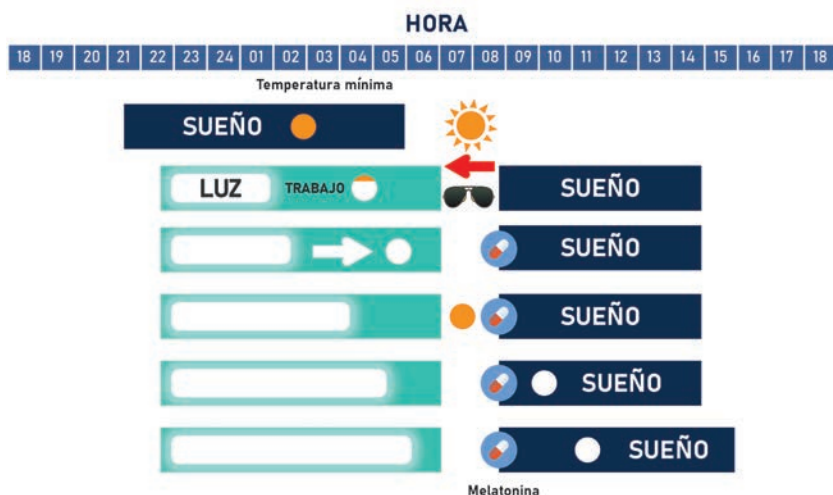
## **Cuadro clínico**

Un turno de trabajo nocturno obliga a dormir en un momento más tardío de lo deseado para el sistema circadiano, por lo que puede resultar en un intento de dormir en un momento en que el nivel circadiano de alerta está incrementado. El sueño diurno en los trabajadores por turnos nocturnos suele ser más corto de lo normal (5 a 6 horas), por lo que suelen padecer las consecuencias del síndrome de sueño insuficiente, acompañado de otras complicaciones del trabajo por turnos, lo que incluye trastornos gas-

trointestinales (constipación o diarrea), obesidad, uso de drogas y alteraciones en la vida social y familiar.

## Recomendaciones

Se recomiendan una serie de intervenciones para incrementar el sueño por fuera del turno de trabajo e incrementar el estado de alerta durante este. Como se observa en la Figura 6, se considera a la temperatura central mínima como un marcador de fase del sistema circadiano; este punto ocurre habitualmente alrededor de las 04:00 h y coincide con el sueño de mejor calidad y un menor rendimiento si se permanece despierto. El objetivo de las intervenciones es desplazar este punto hacia la mañana para que coincida con el sueño posterior al turno de trabajo.



**Figura 6. Tratamiento del trastorno por trabajo en turnos.** La exposición a luz brillante durante el turno nocturno y evitarla durante la mañana, junto con la administración de melatonina, permiten retrasar la fase del ciclo circadiano y favorecen el sueño.

Exposición a la luz: la luz brillante desde el inicio del turno nocturno tiene un efecto estimulante y puede retrasar el sistema circadiano para un sueño de mejor calidad por la mañana. Proporcionar un área de trabajo bien iluminada para los trabajadores de

turno nocturno puede ser beneficioso, a menos que se requiera un entorno oscuro o semioscuro. Se debe evitar la luz brillante al regresar a casa por la mañana con anteojos de sol.

**Sueño matutino:** se sugiere dormir tan pronto como sea posible en un ambiente tranquilo y oscuro. Finalizar el servicio en forma temprana proporciona más tiempo disponible para dormir por la mañana antes de que sea más difícil conciliar el sueño debido a los cambios en el ciclo circadiano.

**Siestas:** tomar una siesta programada antes de comenzar el turno ayuda a mantener la alerta y el rendimiento durante la noche. Es importante limitar la siesta a unos 40-45 minutos y agregar 10-15 minutos adicionales para que desaparezca la somnolencia inicial (inercia de sueño).

**Sistema rotativo:** la pérdida de sueño es mayor con turnos que rotan rápidamente, por lo que se recomienda una rotación lenta (periodos de 3 semanas). La rotación en sentido horario (mañana, tarde y luego noche) es mejor tolerada que la rotación en sentido antihorario.

**Melatonina:** la administración por la mañana al acostarse (3 mg), después del turno nocturno, tiene un efecto hipnótico y contribuye a conciliar el sueño. Pero debe mantenerse una regularidad de los horarios de sueño, ya que, al ser una sustancia que brinda información temporal acerca de la duración de la noche, puede generar un retraso de la fase circadiana (inicio de sueño más tardío).

**Hipnóticos:** su uso antes del sueño diurno puede aumentar el tiempo total de sueño, pero no mejoran la alerta durante la noche. Generalmente, se recomiendan hipnóticos de corta duración, bajo prescripción médica, para evitar somnolencia durante el día; son muy utilizadas las "drogas Z" en la temática de insomnio, como zolpidem o zopiclona.

**Estimulantes:** las xantinas (cafeína) y los psicoestimulantes sintéticos al inicio del turno nocturno pueden ser útiles para atenuar la disminución del nivel de alerta y la somnolencia por la noche, aunque no reemplazan al sueño no obtenido. La cafeína puede ingerirse en comprimidos (100 a 200 mg) o a través de bebidas estimulantes (té, café, mate, etc.); tiene un efecto generalmente suave y con una duración de cuatro horas. El modafinilo (50 a 200 mg) y armodafinilo (37,5 a 150 mg) son estimulantes sintéticos del sistema nervioso central que generan una fuerte promoción de la vigilia a través de un mecanismo de acción poco claro. Estos últimos

pueden generar efectos adversos de importancia, como cefalea, hipertensión arterial, arritmias, ansiedad, insomnio y confusión mental. Sus efectos suelen perdurar durante 12 horas y deben ser indicados y controlados por personal médico.

## ***Jet lag***

### **Definición**

El *jet lag* es un trastorno benigno y autolimitado debido a un desajuste temporal entre los ritmos circadianos y el ciclo sueño-vigilia. Es provocado por un rápido cambio de zonas horarias durante un vuelo en avión, lo que expone al organismo a un nuevo entorno con un huso horario diferente. Los síntomas incluyen fatiga, somnolencia e insomnio. Se debe diferenciar de la fatiga del viaje no específica, que se presenta como consecuencia de la prolongada inmovilidad, horarios irregulares de sueño y de las comidas, deshidratación y otros factores asociados con los viajes aéreos de larga distancia, independientemente del cruce de zonas horarias.

### **Prevalencia**

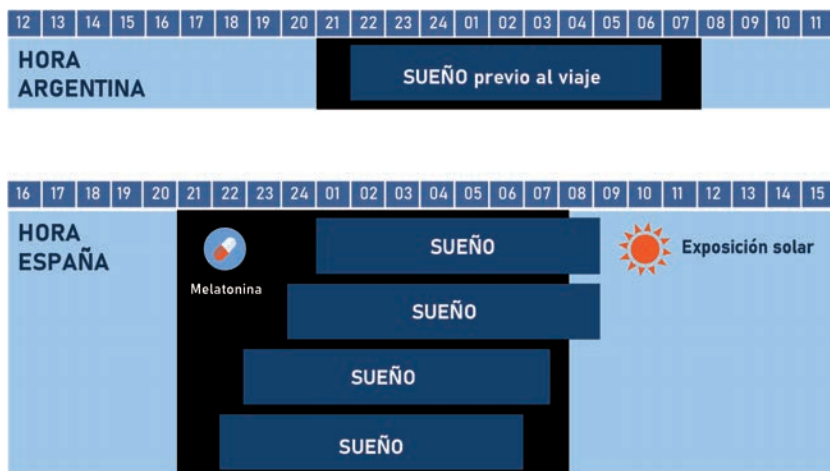
Se desconoce su prevalencia, pero presumiblemente afecta a una gran proporción del millón de personas que constantemente transitan por el aire en todo el mundo, especialmente hacia destinos que atraviesan varias zonas horarias. El *jet lag* puede ocurrir en todas las edades, pero es más intenso en adultos mayores y en aquellos con algún trastorno de sueño previo.

### **Causas**

El reloj circadiano está sincronizado con el ciclo natural de luz y oscuridad, por lo que se promueve la vigilia durante el día y el sueño por la noche. El *jet lag* ocurre cuando se viaja en avión y se

atravesan al menos dos husos horarios, lo que determina un cambio brusco en el momento en que ocurren el día y la noche respecto al lugar de partida. Esto genera una desincronización transitoria entre los ritmos biológicos y el ritmo ambiental (ciclo de luz y oscuridad) y social (hora local) del lugar del destino, que desaparece luego de unos días. La intensidad y duración de los síntomas están relacionadas con varios factores: a) número de zonas horarias: la gravedad es proporcional a la cantidad de zonas cruzadas; b) dirección de viaje: para la mayoría es más difícil adaptarse a un viaje hacia el este y más fácil hacia el oeste; c) sueño previo: aquellos con una restricción previa de sueño o viajes nocturnos tienden a presentar síntomas de mayor gravedad; d) luz ambiental: la exposición a la luz natural en el momento inadecuado puede ser perjudicial; e) diferencias individuales en la capacidad de adaptación del sistema circadiano (la capacidad de adaptación parece disminuir con la edad).

Los ritmos circadianos humanos oscilan en torno a las 24,5 horas y tienen una capacidad de adaptación y resincronización en un rango de  $\pm 2$  horas por día (22,5 a 26,5 h). Además, en ausencia de estímulos sincronizadores ambientales (sin exposición social ni a la luz ambiental), el sistema circadiano tiende a retrasarse, por lo que la adaptación es más rápida y fácil cuando el vuelo se realiza en dirección oeste. En viajes hacia el oeste (donde es "más temprano" que en el lugar de origen), al llegar, hay que "retrasar" el reloj circadiano de nuestro cerebro, mientras que en viajes hacia el este (donde es "más tarde" que en el lugar de origen), hay que "adelantar" el reloj biológico. Por estas características, resulta más fácil alargar (retrasar) el ciclo que acortarlo (adelantarlo). En concreto, la velocidad de resincronización del cerebro es de aproximadamente un día por cada hora de uso horario atravesado, 60 minutos por día en un vuelo hacia el este, 90 minutos por día si el vuelo es hacia el oeste (Figura 7).



**Figura 7. Adaptación luego de un vuelo de Argentina hacia España.** La exposición a la luz solar por la mañana y la administración de melatonina en horarios vespertinos permite adelantar la fase circadiana y lograr un sueño sincronizado con la hora local.

## Cuadro clínico

Durante la adaptación a una nueva zona horaria, los ritmos de diferentes funciones corporales pueden alterarse. Los síntomas característicos consisten en somnolencia y malestar general durante el día e insomnio transitorio por la noche. Los mayores déficits tienden a ocurrir durante las primeras 24 horas en la nueva zona horaria y tienden a resolverse en los primeros tres o cuatro días en una nueva zona horaria. En un viaje hacia el este, hay mayores dificultades para conciliar el sueño por la noche y somnolencia por la mañana; mientras que, en un viaje hacia el oeste, hay somnolencia por la tarde y problemas para mantener el sueño o un despertar precoz. También se pueden experimentar cambios en el estado de ánimo y una disminución en el rendimiento físico y mental, ocasionalmente con fallas en la toma de decisiones en el ámbito profesional. Suelen presentarse molestias gastrointestinales y deseos de comer en horarios desalineados.

## Recomendaciones

Una serie de intervenciones pueden ayudar a sincronizar nuestro reloj circadiano a la nueva hora local y mejorar la calidad del sueño por la noche y el nivel de alerta durante la vigilia. La exposición a la luz puede contribuir a esta adaptación si es realizada en un horario adecuado o puede ser contraproducente en un horario inadecuado. En forma similar, la melatonina administrada por la noche puede mejorar la calidad de sueño y resincronización al llegar de un viaje hacia el este, aunque es dudosa la efectividad en un viaje hacia el oeste, ya que deberían usarse dosis menores por la mañana, que pueden generar una sutil somnolencia diurna. La cafeína puede ser útil para obtener una mejora transitoria del nivel de alerta durante la vigilia. Los medicamentos hipnóticos con uso bajo supervisión médica ayudan a conciliar el sueño, pero con un efecto depresor del sistema nervioso; en general, se prefieren las llamadas drogas Z (zolpidem o zopiclona), que tienen una duración de acción corta a las llamadas benzodicepinas, que suelen tener un efecto más prolongado y un mayor riesgo de generar tolerancia o dependencia.

En el cuadro siguiente (Tabla 3), se exponen las recomendaciones para el abordaje del *jet lag*, según se trate de un viaje al este o al oeste.

| TABLA 3. RECOMENDACIONES PARA ENFRENTAR EL JET LAG |          |  |                             |
|--|----------|--|-----------------------------|
| ESTRATEGIA   |          | VIAJE AL ESTE  | VIAJE AL OESTE              |
| PRE  | Horarios | Acostarse 1-2 horas ANTES  | Acostarse 1-2 horas DESPUÉS |
|  | Sueño    | Ejecutar con suficiente antelación los preparativos previos al despliegue. |                             |
| VUE-<br>LO   | Reloj    | Cambiar la hora y adaptar las actividades al horario del nuevo destino.    |                             |
|  | Bebidas  | Mantenerse hidratado; minimizar el consumo de cafeína si se espera dormir. |                             |

|  |            |  |  |
|--|------------|--|--|
| VUELO  | Hipnóticos | Considerar un medicamento de acción corta para dormir (zolpidem 5 mg, zopiclona 3,75 mg). No consumir alcohol.                 |  |
|  | Trombosis  | Para disminuir el riesgo de trombosis venosa en los miembros inferiores, en general, se recomienda caminar cuando sea posible. |  |
| DESTINO  | Horarios   | Adoptar horarios y actividades según la hora del destino.  |  |
|  | Sueño      | Esperar padecer insomnio de conciliación o somnolencia diurna.   | Esperar padecer somnolencia al atardecer o insomnio de mantenimiento |
|  | Siestas    | Se pueden tomar siestas durante el día si se tiene sueño de 20 a 30 minutos de duración como máximo.                           |  |
|  | Alimentos  | Alimentos proteicos por la mañana, hidratos de carbono y jugos por la noche.   |  |
|  | Bebidas    | La cafeína permite incrementar el estado de alerta durante el día; evitar en la noche.   |  |
|  | Hipnótico  | Considerar antes de acostarse (zolpidem 5 mg, zopiclona 3,75 mg) hasta que se haya ajustado a la hora local.                   |  |
|  | Luz Solar  | Exposición a la luz solar por la mañana.   | Exposición a la luz solar por la tarde.                              |
|  | Melatonina | 3 mg al acostarse por la noche.  | Eventualmente, 1,5 mg por la madrugada.                              |
| <p><i>Adaptada de Sack, R. L. et al. (2007). Circadian Rhythm Sleep Disorders: Part I, Basic Principles, Shift Work and Jet Lag Disorders. An American Academy of Sleep Medicine Review. Sleep, 30(11), 1460-1483.</i></p> |            |  |  |

## Trastorno de estrés postraumático

### Definición

El trastorno de estrés postraumático (TEPT) es una respuesta

de miedo o terror que ocurre después de la exposición a una situación estresante extremadamente traumática que implique muerte inesperada o violenta, lesión o amenaza a la integridad física propia o de un ser querido, frecuente en desastres naturales, guerras, violación u otras situaciones de abuso físico o psicológico. Los síntomas característicos incluyen la reexperimentación persistente del evento traumático, la evitación persistente a los estímulos asociados con el trauma, parálisis de la capacidad de respuesta y síntomas persistentes de intensa sensación de miedo, impotencia u horror. Los sueños angustiantes recurrentes (pesadillas) del suceso traumático son una de las características del trastorno.

## **Prevalencia**

La prevalencia del TEPT es del 3,9 % en la población general y del 5,6 % entre quienes han vivido una experiencia traumática, que es más común en veteranos de guerra. La probabilidad de desarrollar TEPT en militares depende del tipo de trauma sufrido, con variaciones significativas según los criterios diagnósticos y el tipo de actividad desempeñada en la guerra. Tras un despliegue militar, se estima una prevalencia general del 5,5 % y del 13,2 % en unidades de infantería expuestas al combate.

Las alteraciones del sueño son casi universales en pacientes con TEPT; estas se manifiestan con pesadillas y dificultades para conciliar o mantener el sueño, presentes en el 70-90 % de los casos. Una publicación reciente reporta que el 4 % de los veteranos estadounidenses presentan TEPT con insomnio; el 7,4 %, insomnio únicamente; y el 3,2 %, TEPT exclusivamente. Los pacientes con TEPT, especialmente aquellos con insomnio asociado, tienen mayor riesgo de sufrir un trastorno depresivo mayor, ideación suicida, trastorno de ansiedad generalizada y consumo de sustancias.

## **Causas**

La mayoría de las teorías coinciden en que luego de un evento traumático el organismo busca superar esa experiencia. La adaptación durante el sueño a una situación de estrés se busca median-

te el procesamiento de las emociones junto con recuerdos previos y la reducción de las respuestas fisiológicas por estrés. Si los sueños resultan demasiado perturbadores y exceden la capacidad de procesamiento, se interrumpe el sueño y ocurre un despertar desagradable, acompañado de una descarga de actividad física de estrés (taquicardia, aumento de la frecuencia cardíaca y miedo). Las pesadillas recurrentes del TEPT indican intentos repetidos y fallidos para dominar un trauma en el proceso de separar el tono afectivo de la memoria emocional.

## Cuadro clínico

Es frecuente la presencia de recuerdos recurrentes e intrusivos del acontecimiento, que provocan malestar e incluyen imágenes, pensamientos o percepciones. Se puede tener la sensación de estar reviviendo la experiencia con ilusiones, alucinaciones o *flash-backs*. Suele haber un malestar psicológico o físico intenso (miedo, irritabilidad o ira) al exponerse a estímulos internos o externos que recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático. Los sujetos suelen desarrollar una incapacidad de experimentar y expresar emociones y una evasión persistente de los estímulos que recuerden el trauma, pensamientos, conversaciones, actividades, lugares o personas. Hay restricción de la vida afectiva, sensación de un futuro desolador, falta de esperanza de llevar una vida normal y, ocasionalmente, una incapacidad para recordar un aspecto importante del trauma.

Uno de los aspectos más relevantes es la alteración del sueño, con las pesadillas como una de las características más frecuentes y problemáticas del trastorno, en las cuales se revive el evento traumático. Suelen presentar insomnio de mantenimiento con frecuentes despertares por pesadillas, terrores nocturnos, trastorno de movimiento durante el sueño, alucinaciones y parálisis de sueño. También suele acompañarse de depresión y abuso de alcohol u otras sustancias. La mayoría de los pacientes describe alteraciones subjetivas del sueño y pueden comenzar inmediatamente después del evento o tener un inicio tardío.

## **Recomendaciones**

El tratamiento del TEPT es crónico, dificultoso y no siempre exitoso, e incluye psicoterapia y diversos fármacos. Los tratamientos psicológicos cognitivo-conductuales han logrado tener un regular éxito, mientras que los tratamientos farmacológicos presentan resultados variables y poco alentadores. Si bien los hipnóticos (benzodiacepinas) son muy utilizados para el tratamiento de la ansiedad, no han sido efectivos para tratar el TEPT ni para reducir las pesadillas. Las recomendaciones farmacológicas actuales se centran en el uso de diversos fármacos, tales como inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina (antidepresivos) y antagonista del receptor  $\alpha_1$ -adrenérgico (prazosina) que suprimen parcialmente el sueño REM.



## 2. Sistemas de Gestión de Riesgos asociados a la Fatiga

### La fatiga

La fatiga se define como un estado fisiológico caracterizado por una reducción de la capacidad de desempeño físico o mental, junto con una disminución de la capacidad de atención, a menudo acompañada de somnolencia. Este estado, por lo tanto, puede deteriorar el estado de alerta de un sujeto y su habilidad para realizar una actividad con seguridad. Sus principales causas son el horario, la cantidad y la calidad del sueño diario, el tiempo transcurrido desde el último período de sueño, la hora del día, la carga de trabajo, el tipo de tarea y el tiempo transcurrido en la tarea.

Todos los individuos tenemos un ritmo diario de alerta que determina que su nivel sea alto durante las horas del día y bajo durante las horas de la madrugada. En oposición a este ritmo biológico natural, el trabajo en turnos nocturnos determina que un individuo debe estar despierto cuando el nivel de alerta determinado por el ritmo circadiano es bajo y dormido cuando es alto, o bien debe permanecer despierto luego de muchas horas de servicio con la presión homeostática del sueño acumulada y, a veces, con ambas situaciones al mismo tiempo. Toda esta situación conduce a un sueño corto y de mala calidad y a una somnolencia excesiva mientras se está despierto.

Desde la óptica de la salud pública y la seguridad, la somnolencia por agotamiento o privación de sueño ha sido comparada con la que manifiestan los sujetos luego de ingerir bebidas alcohólicas. La vigilia mantenida durante 17-18 horas genera el mismo nivel de dificultad para realizar una determinada tarea que la producida por concentraciones plasmáticas de alcohol de 0.05 g/dl (que es la alcoholemia límite para conductores en algunas ciudades de Argentina y en otros países).

Las condiciones del lugar de trabajo también pueden provocar o empeorar la sensación de fatiga. Las demandas de alta exigencia,

los turnos prolongados, el estrés e incluso la mala iluminación y el ruido constante pueden hacer que una persona se sienta más fatigada. Adicionalmente, el no tomar descansos durante la jornada laboral también puede aumentar la sensación de fatiga.

La fatiga se observa objetivamente como cambios en diversos aspectos del rendimiento, incluido el aumento del tiempo de reacción, lapsus de atención (es decir, tiempos de reacción altos), el aumento del tiempo necesario para realizar tareas cognitivas, la reducción de la conciencia situacional y la reducción de la motivación. Las alteraciones generadas por la fatiga a menudo pueden desencadenar incidentes o accidentes. Es por ello por lo que, en el trabajo, la fatiga constituye un gran riesgo sobre la seguridad del trabajador y sus compañeros, como así también para la sociedad (Figura 8).



**Figura 8. Consecuencias de la fatiga.** Efectos de la fatiga sobre el individuo, la organización donde se desempeña y la sociedad en general.

En comparación con aquellos trabajadores que tienen un sueño de calidad, aquellos que informan somnolencia diurna excesiva debido a un sueño inadecuado son más vulnerables a accidentes y lesiones dentro y fuera del trabajo. Algunos estudios realizados en organizaciones de Estados Unidos, Francia y Reino Unido muestran que el número de accidentes de trabajo relacionados con problemas asociados al sueño pueden variar del 10 % al 30 %. En los in-

formas de los accidentes ocurridos en la planta de Union Carbide en Bhopal, la fusión nuclear de Three Mile Island y Chernobyl, o el derrame del petrolero Exxon Valdez, se constata una notable contribución de los efectos de la fatiga, la pérdida de sueño y la disrupción circadiana en el rendimiento de los trabajadores involucrados.

En resumen, la fatiga determina un riesgo importante en los accidentes o incidentes debidos a factores humanos, ya que afecta la capacidad de desempeño y, por lo tanto, puede tener impacto en la seguridad operativa. Un Sistema de Gestión de Riesgos asociados a la Fatiga (SGRF) se utiliza para controlar y gestionar de manera continua los riesgos de seguridad operativa relacionados con la fatiga con el objetivo de garantizar que el personal tenga un adecuado estado de alerta y se desempeñe segura y adecuadamente.

Estructuralmente, un SGRF se compone de procedimientos para medir, modelar, gestionar, mitigar y reevaluar el riesgo de fatiga en un entorno operacional específico. Está basado en datos empíricos y evidencia científica, y permite el monitoreo y la gestión continua de los riesgos asociados a errores derivados de la fatiga. Es parte de un proceso de mejora continuo; el cual conduce a mejoras en la seguridad al identificar y abordar los factores asociados a la presencia de fatiga a lo largo del tiempo, y al cambiar las circunstancias fisiológicas y operativas que los determinan. Este sistema combina la evaluación de horarios, la recopilación de datos individuales, el análisis continuo y sistemático y las mitigaciones proactivas y reactivas de la fatiga, guiadas por la información proporcionada por estudios científicos. En general, un SGRF ofrece una forma de realizar operaciones de manera más segura al complementar los requisitos legales respecto de tiempos de servicio y descanso de cada actividad en particular y al abarcar distintas dimensiones de la seguridad operacional. Algunas de sus características son las siguientes:

- **Demandas operacionales.** Un SGRF aborda la complejidad de las demandas operativas y los desafíos inherentes relacionados con la fatiga y asociados con las operaciones de una organización. Este se enfoca en aplicar técnicas de gestión de riesgos para identificar y reducir el riesgo de fatiga relevante en circunstancias operativas específicas. Cuando se utiliza dentro del marco legal vigente respecto de horas de trabajo y descanso, mejora el efecto de las regulaciones

al proporcionar un nivel de seguridad equivalente o mayor. Un SGRF tiene como objetivo garantizar altos niveles de alerta en el personal para mantener niveles aceptables de rendimiento y seguridad.

- **Adaptabilidad.** Un SGRF proporciona un enfoque individualizado y colaborativo para mejorar el rendimiento y los niveles de seguridad en las operaciones de una organización caso por caso. Por lo tanto, permite a un operador adaptar políticas, procedimientos y prácticas a las condiciones específicas que generan fatiga en un entorno particular. Los operadores pueden adaptar su SGRF a las demandas operativas particulares y centrarse en aquellos procedimientos destinados a mitigar la fatiga que resulten prácticos dentro de su entorno operacional específico.
- **Evaluación.** El SGRF se basa en la evaluación de horarios y tareas individuales para proyectar y, más tarde, confirmar los efectos de la fatiga en el estado de alerta y el sueño del trabajador. Esto permite una evaluación continua de los niveles de fatiga asociados con condiciones operativas en constante cambio. Una herramienta común para esta evaluación es la modelización biomatemática de la fatiga.
- **SGRF como componente de un Sistema de Gestión de Seguridad.** Un SGRF puede ser parte de los Sistemas de Gestión de Seguridad (SGS) de una organización o un sistema independiente. En forma similar a un SGS, el SGRF aplica el proceso de gestión de riesgos para identificar los riesgos de fatiga a través del uso de sistemas basados en datos. Una cultura de seguridad es fundamental para lograr un SGRF exitoso y requiere una responsabilidad compartida entre todos los niveles de la organización, así como la participación de las agencias reguladoras.

Las políticas y procedimientos del SGRF deben cumplir con las normas legales/regulatorias/industriales existentes relacionadas al manejo del riesgo de fatiga, adaptarse a las necesidades operativas específicas de cada sector de la organización y permitir la flexibilidad dentro de la organización (es decir, las reglas para un grupo de trabajo pueden no necesariamente ser iguales a las de otro dentro de la misma organización).

El diseño, la implementación y el funcionamiento diario de cualquier sistema de gestión requieren estructura y liderazgo. Es por esto que es importante crear un equipo responsable del SGRF en la organización. El tamaño y la composición de este equipo dependerán del nivel de riesgo de las tareas que se realicen en cada sector y del tamaño de la organización. Tanto este equipo como todos los trabajadores involucrados en el sistema deberán recibir el entrenamiento necesario.

## **El modelo de capas defensivas para el control de la fatiga**

En términos de seguridad operacional, no existe una estrategia defensiva única y 100 % segura. Basado en el modelo de defensa por capas, el control de la fatiga en un SGRF puede verse como una serie de capas defensivas que se pueden posicionar en cuatro puntos a lo largo de la trayectoria potencial de un incidente o accidente. Cada uno de estos puntos brinda la oportunidad de identificar y prevenir accidentes relacionados con la fatiga en diferentes niveles de control, por lo que se obtiene un enfoque proactivo en lugar de reactivo para el manejo de la fatiga (Figura 9).

El Nivel 1 de la trayectoria representa las oportunidades de sueño que proporciona un esquema de trabajo específico. Las estimaciones de riesgo más cualitativas o las herramientas de modelado de fatiga cuantitativas más recientes (modelos biomatemáticos de fatiga) proporcionan un indicador del grado de riesgo asociado a un esquema de turnos de trabajo particular. A tal fin, se tienen en cuenta parámetros como horas de trabajo semanales, duración máxima del turno de trabajo, duración mínima del descanso entre turnos de trabajo, duración máxima de trabajo nocturno y frecuencia de francos. Al utilizar las herramientas del Nivel 1, es posible garantizar que los empleados tengan la oportunidad adecuada de descansar y recuperarse y, al menos en teoría, asegurar de que se encuentren en un nivel adecuado de riesgo debido a la fatiga relacionada con el trabajo.

En el Nivel 2, se evalúa la cantidad real de sueño obtenida. Si bien la provisión de una oportunidad adecuada para dormir es necesaria, no siempre es suficiente para garantizar que un empleado esté descansado adecuadamente. Los controles del Nivel 2 se

enfocan en identificar las ocasiones en las que una oportunidad adecuada para dormir no se ha visto reflejada en suficiente sueño para garantizar que un empleado esté en condiciones de trabajar. En general, esto se logra estableciendo el mínimo de sueño y la duración máxima de la vigilia mediante reglas de puntuación simples o herramientas más complejas basadas en dispositivos de monitoreo fisiológico (por ejemplo, actigrafía) y modelos biomatemáticos de fatiga.

El Nivel 3 se relaciona con la detección de síntomas de la fatiga. A veces, una oportunidad adecuada para dormir y una cantidad adecuada de sueño obtenido aun pueden asociarse con niveles de fatiga elevados. Esto podría deberse a factores como la presencia de trastornos del sueño, diferencias individuales en el nivel de descanso requerido o razones personales. En estas circunstancias, las técnicas para identificar individuos en riesgo evalúan la presencia o la frecuencia de comportamientos relacionados con la fatiga (por ejemplo, bostezar, luchar para mantenerse despierto, disminución en el rendimiento) para indicar un nivel elevado de riesgo relacionado con la fatiga. Esto se logra con escalas tradicionales de autorreporte o mediante tecnologías surgidas en los últimos años que permiten la detección de biomarcadores de fatiga (pruebas de reacción informatizadas, monitoreo de señales fisiológicas). Cabe destacar que ninguno de los dispositivos mencionados constituye una herramienta completamente eficaz para la detección de fatiga por sí misma, sino que presentan utilidad en el marco de un SGRF. Las normas deben prever la protección de la privacidad y los métodos para proteger al empleado de acciones punitivas que desalienten los informes de fatiga.

El Nivel 4 se ocupa de la evaluación y el control del error relacionado con la fatiga. Como se mencionó anteriormente, es más probable que los individuos fatigados cometan errores que sean de un mayor nivel de riesgo. En el nivel operacional, es posible identificar indicadores de disminución del rendimiento asociados con la presencia de fatiga. Por lo tanto, es posible introducir métodos que disminuyan la probabilidad de que una persona fatigada que opera en el lugar de trabajo cometa un error que provoque un accidente o una lesión. A pesar de los cuatro niveles de identificación y control de riesgos, todos los sistemas de seguridad tienen el potencial de fallar en algún momento. Sin embargo, si se monitorean adecuada-

mente, los errores relacionados con la fatiga pueden proporcionar a la persona y a la organización una oportunidad de aprendizaje potencial y una perspectiva sobre cómo evitar que vuelvan a ocurrir futuros eventos.

El Nivel 5 proporciona un mecanismo de control de incidentes para retroalimentar la reforma del sistema. Esta información se utiliza para mejorar la identificación del riesgo y para actualizar continuamente las herramientas del Nivel 1 al 4 de manera que se prevengan mejor los futuros errores, incidentes y accidentes relacionados con la fatiga. Un sistema de informes no punitivo es esencial para alentar el informe de eventos relacionados con la fatiga como parte del sistema de seguridad general.



**Figura 9. Modelo de un sistema de gestión de riesgo de fatiga.** Adaptada de Dawson (2012). *Fatigue-proofing: A New Approach to Reducing Fatigue-related Risk Using the Principles of Error Management.*

## Nivel 1: diseño de las oportunidades de descanso

En la actualidad, la fatiga se controla generalmente a través de normas que solamente regulan la cantidad de horas dentro del trabajo, sin tener en cuenta ni el horario en el que se realizan las actividades ni el tipo de tarea que se lleva adelante. La mayoría de las personas necesitan entre siete y nueve horas de sueño para tener un rendimiento adecuado. Dependiendo de la hora del día en que

se proporciona el descanso, la cantidad de tiempo libre necesario para obtener el sueño adecuado puede variar mucho. Esto se debe a que es posible que el trabajador no se duerma tan pronto como llega a su casa ni se tenga que despertar justo antes de ir a su trabajo. Las personas tienen muchas actividades y responsabilidades personales que también deben ser tenidas en cuenta. Es por ello que, para garantizar un descanso adecuado, se debe incluir tiempo no solo para que los trabajadores descansen, sino también para que realicen estas otras actividades.

El primer nivel del SGRF comprende el diseño adecuado de las oportunidades de descanso. En este nivel, se debe prestar atención a los siguientes factores: duración y horario de la jornada laboral; duración y horario de los períodos de descanso; cantidad de jornadas laborales continuas; y cantidad de días libres entre jornadas laborales. Esto puede llevarse adelante utilizando métodos predictivos o proactivos. Por un lado, el enfoque predictivo considera los factores conocidos que afectan el sueño y la fatiga con el objetivo de minimizar sus posibles efectos futuros. Esto lo hace a partir de la información provista por la literatura científica; a partir de cálculos que determinan el riesgo de fatiga de un esquema laboral; o a partir del modelado biomatemático de la fatiga (MBMF) relacionado a un esquema laboral. Por otro lado, el enfoque proactivo consiste en monitorear los niveles de fatiga en una operación. En este caso, por ejemplo, podría llevarse adelante a partir del estudio y posterior comparación de los esquemas de sueño y los niveles de alerta/rendimiento de los trabajadores que llevan adelante sus tareas en distintos esquemas laborales.

Teniendo en cuenta los resultados provenientes de la utilización de cada una de las metodologías descritas previamente, también es posible planificar las tareas de forma que aquellas más riesgosas se realicen en los momentos del día en los cuales los trabajadores deberían tener mayores niveles de alerta. Por ejemplo, si mediante el MBMF o al estudiar con alguna herramienta los niveles de alerta de los trabajadores, se observa que los niveles de alerta en una jornada nocturna empiezan a caer a partir de las 02:00 a. m., entonces las tareas más riesgosas deberían planificarse antes de este horario.

A continuación, se describen las metodologías mencionadas para el diseño de turnos de trabajo.

## **Datos provistos por la literatura científica y la experiencia previa**

Tradicionalmente, el diseño de los esquemas laborales para limitar el riesgo asociado a la fatiga posee un enfoque prescriptivo que se basa en simples límites a la duración de la jornada laboral para prevenir la acumulación excesiva de fatiga durante las tareas laborales y establece la duración mínima de la pausa para que el trabajador tenga un tiempo adecuado de descanso y recuperación durante o entre las jornadas laborales. Este tipo de reglas prescriptivas ignoran importantes aspectos de ciertos factores biológicos que controlan la fatiga (como la interacción entre el reloj circadiano y el proceso homeostático del sueño) y que son moduladores críticos de la relación entre la carga horaria laboral y el riesgo relacionado a la fatiga. Es por ello que en aquellas operaciones que deben funcionar las 24 horas los 7 días de la semana, en las cuales las personas deben trabajar en horarios fuera de la convencional jornada que se desarrolla en horas diurnas, la relación entre el cumplimiento normativo y la seguridad se rompe, y este tipo de reglas prescriptivas dejan de ser efectivas.

Según la literatura científica, el diseño de los esquemas laborales debe guiarse por los siguientes principios:

- Se debe tener en cuenta que la duración del turno de trabajo se relaciona a efectos adversos en el rendimiento, salud y seguridad de los trabajadores, especialmente cuando el turno no está alineado con el reloj circadiano de la persona (por ejemplo, en los turnos nocturnos).
- Otros factores relacionados al trabajo, como la carga laboral y el tiempo de viaje, contribuyen al impacto de la duración del turno en el rendimiento, salud y seguridad del trabajador.
- Los factores biológicos (como el cronotipo o la edad de la persona), conductuales (como la sensibilidad al estrés) y sociales (como factores culturales o socioeconómicos) también contribuyen al impacto de la duración del turno en el rendimiento, salud y seguridad del trabajador.

Por otro lado, la experiencia colectiva de los instructores y

miembros de la organización es una fuente importante de información para identificar aspectos riesgosos en una programación de horarios. Por ejemplo, la experiencia previa de los individuos puede servir para reconocer que en una actividad en particular o en un horario determinado se experimenta excesiva fatiga. Los instructores o supervisores pueden reconocer que los individuos tienen regularmente ciertas dificultades para realizar determinadas actividades. Asimismo, se puede analizar los datos provistos por los informes de incidentes/accidentes previos.

El SGRF también debe tener en cuenta el tipo de trabajo que se está realizando. Los descansos durante la jornada deben planificarse de acuerdo con la naturaleza de la tarea que se realiza. Las tareas físicas pesadas son más cansadoras y requieren mayores descansos que las actividades más livianas. Aquellos trabajadores que realizan tareas sedentarias que requieren de un estado de vigilia constante pueden llegar a necesitar descansos para ayudar a prevenir comportamientos “automáticos” (por ejemplo, realizar tareas sin prestar la atención consciente adecuada).

Por lo tanto, se debe realizar una evaluación de las tareas y del trabajo que tenga en cuenta los siguientes aspectos:

- los tipos de peligros existentes;
- la complejidad de las tareas a realizar;
- las características individuales del trabajador involucrado (cantidad de jornadas y horas trabajadas en las últimas semanas, tipos de turnos trabajados, etc.);
- medidas de mitigación previstas.

En el caso de operaciones continuas o sostenidas, se puede pensar en la planificación de un descanso controlado en el puesto para que el individuo lleve adelante en momentos de la operación en los que se haya encontrado la existencia de un alto riesgo de fatiga. En el caso de planificarse un descanso controlado, se debe tener en cuenta que no debe interferir con las tareas operacionales exigidas, que se debe utilizar únicamente durante períodos con carga de trabajo reducida y que no debe utilizarse como método para ampliar los períodos de servicio.

## **Cálculo del riesgo de fatiga relacionado a un determinado esquema laboral mediante matrices**

A continuación, se presenta una matriz (Tabla 4) que se puede utilizar para determinar el riesgo de fatiga relacionado a un determinado esquema laboral y que tiene en cuenta las oportunidades de descanso y la carga laboral del esquema. Esta matriz permite comparar entre dos esquemas diferentes para saber cuál representa un mayor riesgo. Esto posibilita, por ejemplo, asignar a los esquemas con puntajes mayores tareas de menor riesgo o menos estresantes, y viceversa.

| <b>TABLA 4. MATRIZ DE PUNTUACIÓN DE PROBABILIDAD DE FATIGA PARA EL HORARIO DE TRABAJO (Los valores de corte dependen del riesgo de la tarea a realizar)</b> |                   |                       |                       |                       |                  |
|---|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Puntaje</b>  | <b>0</b>          | <b>1</b>              | <b>2</b>              | <b>4</b>              | <b>8</b>         |
| Horas trabajadas cada 7 días  | Menos de 36 horas | Entre 36 y 43.9 horas | Entre 44 y 47.9 horas | Entre 48 y 54.9 horas | 55 o más horas   |
| Duración máxima de la jornada laboral   | Menos de 8 horas  | Entre 8 y 9.9 horas   | Entre 10 y 11.9 horas | Entre 12 y 13.9 horas | 14 o más horas   |
| Duración del mínimo periodo de descanso entre dos jornadas laborales  | 16 horas o más    | Entre 13 y 15.9 horas | Entre 10 y 12.9 horas | Entre 8 y 9.9 horas   | Menos de 8 horas |
| Máxima cantidad de trabajo nocturno cada 7 días   | 0 horas           | Entre 0.1 y 8 horas   | Entre 8.1 y 16 horas  | Entre 16.1 y 24 horas | 24.1 o más horas |

|  |                     |                |                |                |                       |
|--|---------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Frecuencia de francos  | 1 o más cada 7 días | 1 cada 14 días | 1 cada 21 días | 1 cada 28 días | 1 cada más de 28 días |
| <i>Adaptada de Transport Canada (2007). TP 14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System.</i> |                     |                |                |                |                       |

El mínimo período de descanso entre dos jornadas laborales se define como la oportunidad de descanso entre dos jornadas laborales consecutivas. Se considera trabajo nocturno a aquel que ocurre entre las 21:00 y las 09:00h. El descanso largo está definido como un período de dos noches seguidas de descanso con un día de franco entremedio.

Por ejemplo, en un esquema en el cual una persona trabaja jornadas de 12 horas diurnas durante cinco días seguidos y luego descansa 2 días seguidos, la matriz arroja un riesgo de fatiga de 14 puntos. En cambio, para un esquema laboral con jornadas de 12 horas nocturnas durante cinco días seguidos y un descanso de 2 días seguidos, el riesgo de fatiga arrojado por la matriz es de 22 puntos.

El punto de corte para definir un esquema de turnos como aceptable debe ser determinado por las características específicas de la organización. Por ejemplo, una organización podría optar por asignar un puntaje de corte más bajo para trabajos altamente complejos o críticos en seguridad, o para entornos laborales de alto estrés físico, en comparación con trabajos menos complejos o críticos, o entornos menos estresantes.

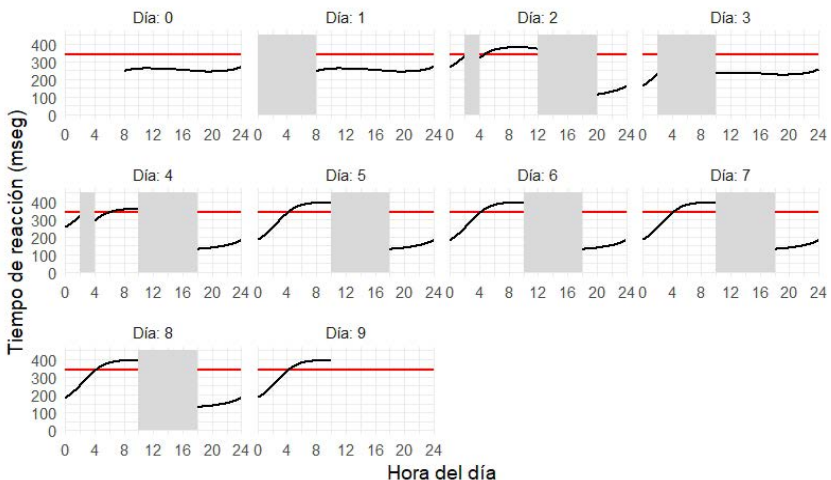
## Modelado biomatemático de la fatiga (MBMF)

Un modelo es una representación matemática de un fenómeno biológico, físico o social. Los horarios de trabajo pueden utilizarse para predecir la fatiga en función del patrón de sueño probable mediante un MBMF. Estos son conjuntos de ecuaciones que permiten predecir cuantitativamente una métrica de riesgo de fatiga, que se basa en factores tales como la historia del sueño y la hora del día. El poder de estos modelos reside en su capacidad para integrar la investigación científica y las observaciones empíricas con el objetivo de predecir el nivel de fatiga de un trabajador a lo largo del día de acuerdo con sus turnos laborales. Además, permiten

realizar un diseño racional de los turnos de trabajo.

Estos modelos consideran que el estado de alerta varía a lo largo de la etapa de vigilia de la persona de acuerdo con las horas de sueño, la hora del día en la que el trabajador durmió, las horas que lleva despierto y el momento del día en el que desarrolla la actividad. Para ello, la mayoría de los modelos incorporan en sus ecuaciones la representación de los procesos circadiano y homeostático descritos anteriormente (Figura 10). El proceso circadiano hace referencia al ritmo circadiano de alerta y comprende dos (o a veces más) funciones cosenoidales, una con un período de 24 h y otra con un período de 12 h. El proceso homeostático tiene en cuenta el tiempo transcurrido desde el momento en el que la persona se despierta. Se trata de una función exponencial que demuestra la caída en el nivel de alerta con el paso del tiempo. Este proceso tiene valores muy altos al despertar y luego cae rápidamente hasta llegar a un valor mínimo asintótico.

En la Figura 10, se observa un ejemplo de un MBMF correspondiente a un trabajador que ejerce sus tareas en jornadas rotativas. En este modelado, la curva negra modela el nivel de alerta (como tiempo de reacción en milisegundos) del individuo a lo largo de los días. En el eje horizontal se representan las horas del día de 0 a 24 horas, mientras que en el eje vertical se presenta el tiempo de reacción. Las áreas de color gris indican los momentos en los que el individuo duerme.



**Figura 10. Modelado biomatemático de la fatiga de un trabajador que se desempeña en jornadas rotativas.** Se muestra el modelado biomatemático del tiempo de reacción de una persona que trabaja en turnos rotativos. En el eje horizontal, se grafican las horas del día y, en el eje vertical, se puede observar el tiempo de reacción en milisegundos. La curva negra modela el tiempo de reacción a lo largo del tiempo. La línea roja (umbral) representa el tiempo de reacción por encima del cual se presentan síntomas compatibles con 0,5 g/L de alcohol en sangre. El sombreado gris se corresponde con los períodos de sueño. Se puede observar que, tanto en aquellos días en los que tiene un período de sueño nocturno insuficiente (como los días 2 y 4) como en los que permanece despierto durante toda la noche (días 5, 6, 7 y 8), el tiempo de reacción cruza el umbral fijado. Es decir que el nivel de alerta cae de los niveles recomendados durante las jornadas laborales correspondientes a esos días.

En el caso en el que se observe que la curva negra que modela el nivel de alerta pasa por encima de la recta roja, significa que el tiempo de reacción es mayor al umbral delimitado o, en otras palabras, que el nivel de alerta cayó por debajo de este umbral (un mayor tiempo de reacción indica un menor nivel de alerta). En este caso, el umbral se corresponde con los síntomas que presenta una persona con 0,5 g/L de alcohol en sangre. No existe un umbral de fatiga universal. El umbral de fatiga aceptable debe ser determinado de acuerdo con el tipo de tarea que se lleva adelante en cada sector.

Se puede observar que tanto en aquellos días en los que tiene un período de sueño nocturno insuficiente (como los días 2 y 4) como en los que permanece despierto durante toda la noche (como los días 5, 6, 7 y 8), el tiempo de reacción cruza el umbral fijado. Es decir que el nivel de alerta cae de los niveles recomendados durante las jornadas laborales correspondientes a esos días.

Se debe tener en cuenta que estos modelados tienen algunas limitaciones; por ejemplo, no consideran el efecto de la carga de trabajo ni factores personales o laborales estresantes que puedan influir en los niveles de fatiga; no consideran la dificultad o riesgo del tipo de tarea específica que se está realizando; y suelen no tener en cuenta algunas estrategias de mitigación personal u operativa, como consumo de fármacos o mejoras de las instalaciones.

## **Estudio de los esquemas de sueño y de los niveles de alerta de los trabajadores**

El estudio del patrón de sueño y alerta de los trabajadores en distintos esquemas mediante las diferentes metodologías disponibles, como actigrafía, cuestionarios o pruebas cognitivas, constituye una herramienta importante para poder conocer el impacto de los diferentes esquemas laborales en el descanso y la fatiga de los trabajadores. Con los datos provenientes de este estudio, uno puede conocer, por ejemplo, la cantidad de sueño efectivo obtenido, el impacto del esquema laboral sobre el desempeño o sobre ciertas variables psicoafectivas de la persona, el nivel de alerta de la persona en diferentes momentos del día, etc. Esto permite tener un perfil del nivel de alerta a lo largo de la jornada laboral, comparar los diferentes esquemas y poder tomar decisiones en base a los resultados obtenidos.

### **Nivel 2: control del sueño obtenido**

#### **Herramientas para el control del sueño obtenido**

Aunque el diseño del esquema laboral haya sido adecuado, hay una serie de razones por las cuales una persona puede no obtener suficiente cantidad o calidad de sueño; y algunas pueden no estar dentro de su control. Por ejemplo, una persona puede sufrir trastornos del sueño que pueden mantenerla despierta por la noche o disminuir su calidad de sueño. También pueden darse situaciones externas que alteran la calidad de sueño, como el cuidado de un bebé recién nacido o dormir junto a un roncador crónico. Asimismo, debe considerarse que las personas que trabajan de noche deben dormir durante el día, y, en general, el descanso durante el día es de menor calidad que durante la noche. A su vez, somos seres sociales y muchas veces, sobre todo en nuestro país, asistimos a actividades sociales que terminan muy tarde en la noche y perjudican nuestro descanso.

El segundo nivel del SGRF hace referencia a la identificación proactiva de los riesgos asociados a la fatiga mediante el monitoreo del sueño. Este punto de control no solo permite identificar

aquellos individuos que no pudieron obtener el descanso suficiente, sino que también sirve para evaluar si el diseño de los esquemas laborales (Nivel 1) fue realmente efectivo. Existen diferentes formas de controlar la obtención de sueño, cada una con sus ventajas y desventajas.

## **Control subjetivo del sueño logrado**

### **Herramientas subjetivas de evaluación continua del sueño logrado**

Un método sencillo y económico de monitoreo del sueño es a través de un diario de sueño que el trabajador debe completar todos los días con los horarios en los que se duerme y se despierta. Asimismo, se le suele pedir a la persona que evalúe la calidad de su sueño tan pronto como sea posible después de despertarse. Esto se puede hacer mediante papel o mediante un dispositivo electrónico.

Además, también se pueden utilizar cuestionarios que indaguen acerca de la cantidad o calidad de sueño en la noche/s previa/s. Por ejemplo, a través de tres simples preguntas sobre el sueño logrado en las últimas 48 horas es posible obtener una métrica de probabilidad de fatiga. Las preguntas son las siguientes: ¿cuántas horas durmió en las últimas 24 horas?; ¿cuántas horas durmió en las últimas 48 horas?; y ¿a qué hora se despertó? (para calcular cuántas horas hace que está despierto).

Se debe tener en cuenta que las valoraciones subjetivas no siempre reflejan de forma precisa lo que se quiere medir, dado que es una valoración individual que puede estar influenciada por diferentes factores, especialmente cuando se ha dormido menos de lo necesario (restricción de tiempo de sueño) a lo largo de varias noches consecutivas. Sin embargo, estas mediciones subjetivas son especialmente útiles para recolectar información procedente de grandes grupos de personas y cuando se necesita recolectar datos rápidamente.

## Cuestionarios retrospectivos

Adicionalmente, es posible estudiar la calidad de sueño retrospectivamente, es decir, mediante preguntas acerca de lo sucedido en los días pasados. El cuestionario de Pittsburgh es una herramienta validada internacionalmente que permite estudiar subjetivamente la calidad de sueño durante el último mes. Está conformado por 19 preguntas de autoevaluación y se cuenta con una versión validada en español. Si se obtiene un puntaje entre 6 y 7, significa que se requiere atención médica; un puntaje entre 8 y 14, que se requiere atención médica y tratamiento; y un puntaje mayor a 15 se asocia con problemas de sueño graves.

A continuación, se presenta este cuestionario (Tabla 5).

| TABLA 5. CUESTIONARIO PITTSBURGH DE CALIDAD DE SUEÑO  |   |                          |
|---|---|--------------------------|
| Las siguientes preguntas se refieren a su forma habitual de dormir únicamente durante el último mes en promedio. El objetivo es conocer su calidad de sueño en ese período. Intente que sus respuestas se ajusten de la manera más exacta a lo ocurrido durante la mayoría de los días y noches del último mes. Por favor, intente responder a todas las preguntas. |   |                          |
| 1. En su casa, ¿a qué hora se acuesta normalmente por la noche?   | Escriba la hora habitual en que se acuesta: | ____horas<br>____minutos |
| 2. ¿Cuánto tiempo demora en quedarse dormido en promedio?   | Escriba el tiempo en minutos:               | _____minutos             |
| 3. ¿A qué hora se levanta habitualmente por la mañana?  | Escriba la hora habitual de levantarse:     | ____horas<br>____minutos |
| 4. ¿Cuántas horas duerme cada noche? (El tiempo puede ser diferente al que usted permanezca en la cama)   | Escriba las horas que crea que durmió:      | ____horas<br>____minutos |

| 5. Durante el mes pasado, ¿cuántas veces ha tenido usted problemas para dormir a causa de...?                       | 0. Ninguna vez en el último mes | 1. Menos de una vez a la semana | 2. Una o dos veces a la semana | 3. Tres o más veces a la semana |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| a. No poder quedarse dormido en la primera media hora   |                                 |                                 |                                |                                 |
| b. Despertarse durante la noche o de madrugada  |                                 |                                 |                                |                                 |
| c. Tener que levantarse para ir al baño   |                                 |                                 |                                |                                 |
| d. No poder respirar bien   |                                 |                                 |                                |                                 |
| e. Toser o roncar ruidosamente  |                                 |                                 |                                |                                 |
| f. Sentir frío  |                                 |                                 |                                |                                 |
| g. Sentir calor   |                                 |                                 |                                |                                 |
| h. Tener sueños feos o pesadillas   |                                 |                                 |                                |                                 |
| i. Tener dolores  |                                 |                                 |                                |                                 |
| j. Otras razones (por favor, descríbalas)   |                                 |                                 |                                |                                 |
| 6. Durante el mes pasado, ¿cuántas veces ha tomado medicinas (recetadas por el médico o por su cuenta) para dormir? |                                 |                                 |                                |                                 |

*Manual de gestión del sueño y ticsgos asociados a la fatiga*

|   |                       |                      |                         |                      |
|---|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 7. Durante el mes pasado, ¿cuántas veces ha tenido problemas para permanecer despierto mientras conducía, comía, trabajaba, estudiaba o desarrollaba alguna otra actividad social?  |                       |                      |                         |                      |
|   | 0.<br>Ningún problema | 1.<br>Poco problema  | 2.<br>Problema moderado | 3.<br>Mucho problema |
| 8. Durante el último mes, ¿qué tanto problema le ha traído a usted tener ánimo para realizar actividades como conducir, comer, trabajar, estudiar o alguna otra actividad social?   |                       |                      |                         |                      |
|   | 0.<br>Muy buena       | 1.<br>Bastante buena | 2.<br>Bastante mala     | 3.<br>Muy mala       |
| 9. Durante el último mes, ¿cómo calificaría en conjunto la calidad de su sueño?   |                       |                      |                         |                      |
| <p><i>Adaptada de Buysse D. J. et al. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. Psychiatry Research, 28(2), 193-213; y de Macías Fernandez, J. (1996). La versión española del índice de calidad de sueño de Pittsburgh. Informaciones Psiquiátricas, 146, 465-472.</i></p> |                       |                      |                         |                      |

Una limitación de las encuestas retrospectivas (que examinan eventos pasados) es que la información que se recoge, además de ser subjetiva, requiere que se recuerde de forma precisa los detalles de eventos anteriores, la forma en que se sintieron o cómo fue su sueño. Un recuerdo impreciso de eventos anteriores es un problema humano habitual y complejo.

## **Control objetivo del sueño logrado**

### **Actigrafía**

Es posible realizar un control del sueño a través de medidas objetivas como la monitorización continua del movimiento mediante un “actígrafo” o reloj inteligente comercial. Esos dispositivos cuentan con acelerómetros que registran periódicamente datos sobre la intensidad de los movimientos a partir de los cuales un algoritmo estima los periodos de sueño. La información de estos dispositivos puede ser recuperada en forma sincrónica en puntos críticos de control. Asimismo, se pueden desarrollar sistemas que permitan que el dispositivo envíe los datos a través del celular de la persona a un centro de control de fatiga centralizado.

La actigrafía es útil para obtener registros objetivos del binomio sueño/vigilia a lo largo de varios días. Es un método práctico y fiable para evaluar si los sujetos presentan una diferencia en la duración del sueño durante las operaciones en comparación con el tiempo que duermen cuando no están de servicio. Los actígrafos son pequeños y fáciles de llevar, y pueden utilizarse tanto en ambientes operacionales como en el hogar sin ningún tipo de problema. Una de las principales limitaciones de estos equipos es que suelen ser imprecisos para detectar el horario de inicio del período de sueño y los despertares nocturnos. Además, en el caso de que se utilice un reloj inteligente comercial, se debe tener en cuenta que estos utilizan diferentes algoritmos para diferenciar los períodos de sueño de los de vigilia y que muchas veces no suelen ser precisos para la estimación de la calidad de sueño y de las siestas o períodos cortos de sueño.

## **Polisomnografía**

Otro método objetivo para el estudio de sueño es la polisomnografía. Este es considerado el estándar de oro para el registro del sueño y, actualmente, es el único método que ofrece información fiable sobre la estructura del sueño. El equipo de registro obtiene las señales de sueño mediante sensores que van adheridos al cuero cabelludo y a la cara a fin de medir tres tipos de actividad eléctrica: las ondas cerebrales (EEG), los movimientos oculares (EOG), el tono muscular (EMG) y parámetros respiratorios. Además, se puede utilizar para monitorear el nivel de alerta durante el estado de vigilia, ya que registra las frecuencias dominantes de las ondas cerebrales.

Se debe tener en cuenta que este método es incómodo y relativamente invasivo. Su realización requiere de técnicos formados para ajustar los electrodos de grabación, verificar al inicio y periódicamente que funcionen todas las conexiones, y para descargar los datos del dispositivo de grabación en una computadora. Para el análisis de los registros, se debe contar además con un médico experto en valoración del sueño que pueda interpretarlos. Además de llevar tiempo, el proceso es relativamente costoso, por lo que hay diversos grupos trabajando en sistemas de valoración automatizados, pero, hasta el momento, ninguno de ellos tiene una amplia aceptación dentro de los grupos de investigación y de medicina del sueño.

Actualmente, en el mercado se ofrecen numerosas vinchas equipadas con sensores de electroencefalograma, junto con un sensor de ritmo cardíaco y un acelerómetro, que permiten analizar la estructura del sueño. Estas son más fáciles de usar y menos costosas que los equipos convencionales de polisomnografía, aunque también resultan mucho menos precisas.

## **Cuándo realizar los controles de sueño obtenido**

El control del sueño debería realizarse al inicio de la jornada laboral. Considerando que el riesgo de fatiga aumenta con las horas de vigilia, es necesario reevaluar periódicamente dicho riesgo (sin necesidad de volver a recopilar el dato inicial sobre el sueño).

## Cómo estimar el riesgo de fatiga y qué conducta tomar

### Tabla de riesgo de fatiga

Con los datos de sueño obtenidos mediante métodos subjetivos u objetivos, es posible calcular un puntaje de riesgo de fatiga con la tabla que se muestra a continuación (Tabla 6).

| TABLA 6 DE CÁLCULO DEL RIESGO DE FATIGA<br>SEGÚN EL SUEÑO PREVIO   |   |                         |                          |                          |             |
|--|---|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Cantidad de sueño en las últimas 24 horas  | Menos de 3 h:   | De 3 h a menos de 4 h:  | De 4 h a menos de 5 h:   | 5 h o más:               |             |
|  | 12 puntos   | 8 puntos                | 4 puntos                 | 0 puntos                 |             |
| Cantidad de sueño en las últimas 48 horas  | Menos de 9 h:   | De 9 h a menos de 10 h: | De 10 h a menos de 11 h: | De 11 h a menos de 12 h: | 12 h o más: |
|  | 8 puntos  | 6 puntos                | 4 puntos                 | 2 puntos                 | 0 puntos    |
| Cantidad de horas desde que se despertó  | Se suma un punto por cada hora que hace que está despierto mayor a las horas de sueño. Por ejemplo, si durmió 6 horas y hace 7 horas que está despierto, suma un punto. |                         |                          |                          |             |
| <i>Adaptada de Transport Canada (2007). TP 14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System.</i> |   |                         |                          |                          |             |

El puntaje final es la sumatoria del puntaje obtenido en cada una de las preguntas. En la Tabla 7, se muestra el riesgo de fatiga y las recomendaciones a seguir de acuerdo con el puntaje obtenido a partir de la tabla de cálculo de riesgo de fatiga.

Es importante considerar que este puntaje aumentará a medida que se incrementen las horas de vigilia, es decir, mientras más tiempo transcurra desde que la persona despertó. Por el contrario, el puntaje puede disminuir si la persona realiza una siesta reparadora. Por ejemplo, un individuo que haya dormido 5 h en las últimas

24 h y 10 h en las últimas 48 h, y que se haya despertado hace dos horas, inicia su jornada con un riesgo de fatiga aceptable. No obstante, tras cuatro horas de trabajo, presentará un riesgo elevado de fatiga y, al alcanzar las ocho horas laborales (o diez horas de vigilia), su riesgo será muy elevado.

| <b>TABLA 7. RIESGO DE FATIGA Y RECOMENDACIONES SEGÚN EL PUNTAJE OBTENIDO</b> |                         |   |
|--|-------------------------|---|
| <b>Puntaje obtenido</b>  | <b>Riesgo de Fatiga</b> | <b>Recomendación</b>                          |
| 0  | Bajo                    | Automonitoreo                                 |
| 1-4  | Moderado                |   |
| 5-8  | Elevado                 | Monitoreo por parte de un supervisor          |
| 9 o más  | Muy elevado             | No realizar tareas hasta estar en condiciones |

*Adaptada de Transport Canada (2007). TP 14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System.*

Si el trabajador obtiene un puntaje de cinco o más es recomendable que realice un control de síntomas de fatiga y que lo repita con una mayor frecuencia que aquellos individuos que sí obtuvieron un descanso adecuado. Si se recomienda monitoreo por parte de un supervisor, este puede ser realizado en conjunto con los propios compañeros del trabajador fatigado. Por su parte, si se recomienda que no comience el turno hasta que esté en condiciones de realizar sus tareas, se puede ofrecer al trabajador un tiempo para que consuma una bebida con cafeína o tome una siesta. Se debe tener en cuenta que la siesta no es un sustituto del período de sueño principal que el individuo debe obtener previo a llegar a su trabajo. En operaciones de alto riesgo, se recomienda que todo aquel trabajador que haya dormido menos de 6 h en las últimas 24 h o haya obtenido menos de 12 h de sueño en las últimas 48 h o haya estado despierto durante más de 18 h de aviso a su supervisor.

El umbral de sueño necesario puede variar de una organización a otra, de una tarea a otra y de un individuo a otro. Si el umbral establecido dentro de la organización es demasiado bajo, va a ser detectado por los niveles posteriores del SGRF. Por ejemplo, si los

individuos duermen la cantidad mínima recomendada, pero aún exhiben comportamientos y síntomas de fatiga, y se comprobó que no padecen un trastorno del sueño, es probable que el nivel mínimo de sueño establecido sea insuficiente. Cada organización (o incluso cada sector dentro de la organización) debe establecer sus propios umbrales de sueño y árboles de decisión para cuando los empleados no hayan cumplido con los requisitos mínimos de descanso.

Por último, cabe señalar que la principal limitación de este método es que, al no considerar la hora del día, omite las variaciones de alerta relacionadas con el proceso circadiano del sueño.

## Utilización de modelos biomatemáticos de fatiga

Además de ser útil para la planificación de turnos de trabajo, el MBMF también permite predecir en tiempo real el riesgo de fatiga de un individuo según su historial de sueño. Como se mencionó anteriormente, los datos de sueño pueden ser subjetivos, reportados por el propio individuo (por ejemplo, horas dormidas y hora de despertar), u objetivos, obtenidos mediante actígrafos, relojes inteligentes o aplicaciones móviles. Esto requiere un *software* basado en los algoritmos del MBMF, alimentado con los datos de sueño de los días previos de cada trabajador. El software genera una métrica de fatiga que puede ser monitoreada en tiempo real, tanto por el individuo como por un supervisor, si es necesario.

La principal ventaja del MBMF es que, además de considerar el componente homeostático del sueño (horas dormidas y tiempo de vigilia), incorpora el componente circadiano (dependiente de la hora del día) en sus predicciones. Con base en estas predicciones, se pueden implementar las medidas mencionadas previamente en caso de identificar momentos de la jornada en los que el nivel de alerta pueda caer por debajo de lo deseado. Las tablas y el MBMF pueden emplearse de manera complementaria.

## Nivel 3: control de síntomas de fatiga

Incluso cuando una persona ha tenido suficientes oportunidades para dormir (controles de Nivel 1) y siente que ha dormido lo

suficiente (controles de Nivel 2), aun puede presentar síntomas asociados con la fatiga. Los controles del Nivel 3 se centran en la detección de síntomas que podrían provocar errores relacionados con la fatiga.

A pesar de que no existen herramientas para medir la fatiga en forma precisa como sí existen para medir el contenido de alcohol o de drogas en sangre, algunas metodologías nos permiten detectar síntomas relacionados o predecirla. Además, se debe tener en cuenta que el impacto de la fatiga depende del contexto y de las tareas laborales que realiza el trabajador.

Los controles correspondientes al Nivel 3 del SGRF permiten detectar a aquellos individuos que, aun habiendo obtenido un sueño suficiente, presentan síntomas relacionados a la fatiga. Asimismo, permiten evaluar la eficacia de los Niveles 1 y 2. Como las herramientas para el control de síntomas de fatiga no suelen ser sumamente precisas, pueden utilizarse en combinación.

## **Herramientas para el control de los síntomas de fatiga**

### **Control subjetivo de los síntomas de fatiga**

Una manera de controlar los síntomas de fatiga es a través de cuestionarios o escalas subjetivas. Al elegir la herramienta subjetiva, se debe tener en cuenta lo siguiente: se debe poder completar rápida y fácilmente; debe estar concebida para completarse repetidas veces durante el día; tiene que estar validada, es decir, se tiene que haber demostrado que responde a la privación de sueño en condiciones experimentales controladas; y tiene que ser predictiva de mediciones objetivas. A continuación, se presentan algunas escalas y cuestionarios que cumplen estos criterios (Tablas 8 y 9).

## Escalas y cuestionarios para la evaluación continua de la fatiga

| <b>TABLA 8. ESCALA DE SOMNOLENCIA KAROLINSKA (KSS)</b>   |
|--|
| 1. Extremadamente despierto  |
| 2. Muy despierto   |
| 3. Despierto   |
| 4. Más o menos despierto   |
| 5. Ni despierto, ni somnoliento  |
| 6. Algunos signos de somnolencia   |
| 7. Somnoliento, pero sin dificultad para permanecer despierto  |
| 8. Somnoliento, con dificultad para permanecer despierto   |
| 9. Muy somnoliento, con gran dificultad para permanecer despierto, luchando contra el sueño                          |
| <i>Adaptada de Transport Canada (2007). TP 14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System.</i> |

En esta escala, se le pide a la persona que dé una valoración de la medida de su somnolencia en un momento determinado. Puede señalarse cualquiera de los valores del 1 al 9.

| <b>TABLA 9. ESCALA DE SOMNOLENCIA DE STANFORD (SSS)</b>                                 |
|---|
| 1. Me encuentro activo, con vitalidad, alerta y totalmente despierto.                   |
| 2. Funciono a un alto nivel, pero no al máximo. Tengo capacidad de concentrarme.        |
| 3. Me encuentro relajado. Despierto, pero no totalmente alerta. Soy capaz de responder. |
| 4. Me siento un poco apagado, no al máximo nivel. Estoy decaído.                        |
| 5. Me siento apagado. Comienzo a perder interés por estar despierto. Me siento lento.   |

6. Estoy somnoliento, preferiría estar recostado. Estoy luchando contra el sueño. Me siento aturdido.

7. Estoy casi dormido. El comienzo del sueño es inminente. Tengo incapacidad para permanecer despierto.

*Adaptada de Hoddes, E. et al. (1973). Quantification of Sleepiness: A New Approach. Psychophysiology, 10(4), 431-436.*

Esta escala se compone de siete ítems que describen estados progresivos de somnolencia y el sujeto debe elegir el que indica su nivel de somnolencia actual.

Además de las escalas de somnolencia, el individuo puede completar un listado de síntomas de fatiga, como el que se muestra en la Tabla 10. Si la persona experimenta tres o más de los síntomas del listado, es posible que esté experimentando algún nivel de fatiga o un estado de alerta reducido. La fatiga no es la única causa de estos síntomas, pero, cuando estos ocurren en simultáneo, estaría indicando un deterioro relacionado con la fatiga.

**TABLA 10. EVALUACIÓN DE SÍNTOMAS RELACIONADOS CON LA FATIGA**

| Síntomas físicos  | Síntomas mentales   | Síntomas emocionales   |
|---|---|--|
| Bostezos; párpados pesados; frotarse los ojos; cabeceo; dormir de forma no intencional. | Dificultad para concentrarse en la tarea; lapsos en la atención; dificultad para recordar lo que se intentaba hacer; fallas en la comunicación de asuntos importantes; fallas para anticipar eventos o acciones; hacer algo incorrecto accidentalmente (errores); no hacer lo correcto accidentalmente (omisiones). | Estar más caído de lo normal; letargo o falta de energía; falta de motivación; irritabilidad o mal humor con los colegas, la familia o los amigos. |

*Adaptada de Transport Canada (2007). TP 14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System.*

Tanto las escalas como el listado pueden estar integrados a un formulario de notificación de la fatiga, en el cual se deje consignado el momento y lugar en el cual se evaluaron los síntomas de fatiga, junto con información del período de sueño previo del individuo evaluado. En este formulario también se puede detallar por qué se realizó el control de síntomas de fatiga (si fue un control rutinario o porque hubo alguna falla en el rendimiento del individuo) y si el individuo distingue una causa que pueda ser atribuible a su estado (dónde durmió, si tuvo alguna perturbación, etc.). Es necesario distinguir entre un rendimiento aceptable (que puede incluir los errores involuntarios) y el rendimiento inaceptable (tal como la temeridad, negligencia, transgresiones o sabotaje). Con ello se protege a los informantes, pero no les exime de las acciones punitivas si están justificadas. Para fomentar la notificación continua de riesgos de fatiga, la organización adopte estas herramientas debe tomar medidas apropiadas en respuesta a dichos informes. Los sujetos deben tener garantías de que la intención del proceso de notificación es mejorar la seguridad operacional de la institución y no atribuir culpas. Cuando se tiene un sistema efectivo de notificación de seguridad operacional, la mayoría de los informes se relacionan con riesgos identificados o percibidos en lugar de errores o eventos adversos.

## **Cuestionarios retrospectivos**

Aquellos individuos que reportan estar fatigados regularmente, aun habiendo dormido las horas necesarias, podrían estar sufriendo un trastorno de sueño. En estos casos, para poder identificar la severidad de los síntomas de fatiga es posible realizar un cuestionario de somnolencia diurna. Uno de los más utilizados, que ha sido validado a nivel internacional, es la Escala de Somnolencia de Epworth (Tabla 11). Esta escala se utiliza para determinar la probabilidad de que una persona se quede dormida durante la realización de ciertas actividades. Los sujetos deben ser instruidos para que proporcionen respuestas basadas en su forma de vida habitual durante el último mes. Incluso si no han hecho algunas de estas actividades recientemente, se les indica que intenten determinar cómo podrían haberse visto afectados en cada situación. Las per-

sonas con una puntuación superior a 10 pueden presentar problemas con sus patrones de sueño y deben ser remitidos a un médico especialista en sueño. A continuación, se presenta dicha escala.

| <b>TABLA 11. ESCALA DE SOMNOLENCIA DE EPWORTH</b>   |                        |                                       |                              |   |
|---|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---|
| <p>El siguiente cuestionario tiene como objetivo conocer cuán somnoliento se encuentra usted durante el día. Para ello deberá responder, a lo largo del último mes, ¿qué posibilidad de dormirar tuvo durante el día en cada una de las siguientes situaciones? Al contestar, considere lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aun cuando no realizare alguna de ellas, trate de imaginar qué le ocurriría si la llevase a cabo.</li> <li>- Imagine todas las situaciones FUERA de su trabajo.</li> <li>- Marque con una cruz la respuesta correcta para cada situación.</li> </ul> |                        |                                       |                              |   |
|   | 0:<br>Nunca dormiraría | 1:<br>Pocas posibilidades de dormirar | 2:<br>Es posible que dormite | 3:<br>Grandes posibilidades de dormirar |
| 1. Sentado leyendo  |                        |                                       |                              |   |
| 2. Viendo la televisión   |                        |                                       |                              |   |
| 3. Sentado, inactivo, en un lugar público (p. ej., un teatro, un acto público o una reunión)  |                        |                                       |                              |   |
| 4. Como pasajero en un coche durante una hora seguida   |                        |                                       |                              |   |
| 5. Descansando recostado por la tarde cuando las circunstancias lo permiten   |                        |                                       |                              |   |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| 6. Sentado charlando con alguien   |  |  |  |  |
| 7. Sentado tranquilo después de un almuerzo sin alcohol  |  |  |  |  |
| 8. En un coche al pararse unos minutos en el tráfico (como conductor o acompañante en forma indistinta)  |  |  |  |  |
| <p><i>Adaptada de Murray William, J. (1991). A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. Sleep, 14(6), 540-545; y de Organización de Aviación Civil Internacional - OACI (2012). Doc 9966. Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación. OACI. Canadá.</i></p> |  |  |  |  |

Las valoraciones subjetivas de somnolencia y fatiga son relativamente económicas, fáciles de realizar y analizar. Son especialmente útiles para recolectar información procedente de grandes grupos de personas y cuando se necesitan datos con rapidez. Sin embargo, al tratarse de valoraciones subjetivas, dependen de la percepción personal y no siempre reflejan de forma precisa la degradación del rendimiento o la privación de sueño, especialmente cuando se ha dormido menos de lo necesario a lo largo de varias noches consecutivas. Probablemente, la confianza de los individuos en la confidencialidad de sus datos será un factor muy importante en su disponibilidad para participar en las encuestas y para facilitar información completa y fidedigna en los cuestionarios que se entreguen. A pesar de las limitaciones y de la subjetividad, las encuestas pueden ser una fuente útil de información en un SGRF. De ser posible, pueden combinarse con herramientas objetivas de control de los síntomas de fatiga.

## **Control objetivo de los síntomas de fatiga**

Las pruebas objetivas del rendimiento, en general, miden aspectos muy específicos de este (por ejemplo, velocidad de reacción, la vigilancia o la memoria de corto plazo) y no las combinaciones complejas de las aptitudes que se necesitan en las actividades operacionales. No obstante, se considera que algunos ensayos simples del rendimiento son pruebas o indicadores de la capacidad de un sujeto para realizar sus tareas.

Al igual que con las pruebas subjetivas, se debe tener en cuenta ciertas características: duración; si puede realizarse repetidas veces durante una jornada; si se ha validado (se ha demostrado que refleja los efectos de la privación de sueño); si es predictiva de tareas más complejas (por ejemplo, el rendimiento en un simulador o durante una emergencia); y si se ha utilizado en otras operaciones similares y se dispone de datos para comparar los niveles de fatiga.

## **Pruebas que evalúan el tiempo de reacción**

El tiempo de reacción simple es el lapso que transcurre entre la presentación de un estímulo y la respuesta dada por una persona. Es decir que, frente a un estímulo, sea este de cualquier índole, transcurre cierto tiempo entre su recepción y la ejecución de la acción específica frente a este. Una de las más utilizadas a nivel internacional es la Tarea de Vigilancia Psicomotriz (PVT, por sus siglas en inglés). En la versión más utilizada, dura 10 minutos y se efectúa con una computadora. No obstante, se está comenzando a utilizar cada vez más la versión de cinco minutos. Esta prueba ha demostrado en diversos estudios ser muy sensible para la detección de privación de sueño.

Este tipo de pruebas requieren de la atención de un supervisor, lo que puede significar que los sujetos deban salir de la zona operacional durante un tiempo. Además, no miden aptitudes importantes, tales como la percepción de una situación y la toma de decisiones. Por otra parte, las pruebas más complejas para medir este tipo de aptitudes suelen exigir muchos ensayos y prácticas antes de poder utilizarlas para medir los cambios en el desempeño

debidos a la fatiga. La prueba PVT no exige ensayos prácticos ni aprendizaje.

## **Otras pruebas**

**Pupilometría:** evalúa la respuesta involuntaria de la pupila a destellos de luz brillante de alta intensidad, lo cual se demostró que es un biomarcador de fatiga. Se ha observado que la pupila muestra una latencia de constricción más larga y una velocidad de constricción más lenta cuando un individuo está fatigado. Estos parámetros generalmente se evalúan con equipos que se montan a una mesa o instrumentos portátiles tipo binoculares, donde los participantes miran en un ocular durante un breve periodo de tiempo (uno o dos minutos). La ventaja de estos equipos es que proveen un resultado rápido y son fáciles de utilizar. Sin embargo, no podrían utilizarse en personas con ciertas condiciones en la vista o en la cabeza, ni en personas mayores de 50 años debido a ciertos cambios en la pupila relacionados a la edad. Muy pocos estudios han demostrado la validez de estos equipos para la detección de privación de sueño o cambios en el rendimiento.

**Medidas oculomotoras:** monitorea en forma continua los movimientos oculares del individuo. Se miden la frecuencia, duración o tasa de cierre de los ojos, variables que se han relacionado con la electroencefalografía (EEG) y otras medidas de fatiga. Los datos del movimiento ocular generalmente se obtienen de dos maneras: 1) mediante el enfoque de iluminación estructurada, que mide la reflexión de luz infrarroja de la retina, y 2) mediante el reconocimiento de rasgos faciales, que detecta el movimiento de los ojos siguiendo un conjunto de rasgos faciales, incluidos los párpados, el iris, la nariz y la boca. Algunos dispositivos miden la variable PERCLOS, es decir, el porcentaje de tiempo en el que los ojos del individuo están entre el 80 y 100 % cerrados. Estos equipos suelen utilizarse principalmente en conductores, ya que, como se mencionó, son herramientas que monitorean en forma continua. Las ventajas de estos dispositivos son que son relativamente no invasivos y son factibles de usar en entornos como la cabina de un vehículo. Sin embargo, muchos de los dispositivos que utilizan reflectancia infrarroja están limitados por factores como la luz ambiental y el

uso de anteojos graduados o de sol. Además, algunos dispositivos de cámara no pueden ajustarse adecuadamente a los movimientos corporales bruscos. Estos dispositivos han demostrado validez para la detección de privación de sueño o rendimiento inadecuado en algunos estudios.

Electroencefalografía (EEG): estos equipos permiten detectar cambios en la actividad de las ondas cerebrales, los cuales ha sido demostrado que se pueden utilizar como biomarcadores válidos de fatiga. Históricamente, la medición de la fatiga mediante EEG requería mucho tiempo y se consideraba algo invasiva, ya que se debían aplicar al individuo sensores para EEG, lo cual no es factible cuando la persona lleva adelante determinadas tareas. Sin embargo, recientemente se han desarrollado dispositivos portátiles más fáciles de utilizar. Estos dispositivos son efectivos tanto para la detección de privación de sueño como de rendimiento inadecuado.

Análisis de la postura y movimientos de la cabeza: estos dispositivos detectan los cambios de postura propios de la fatiga, en particular, los movimientos de cabeza cuando los músculos del cuello se relajan. Generalmente tienen el tamaño y la forma de un audífono que se coloca detrás de la oreja. Estos equipos suelen ser económicos y poco invasivos. Sin embargo, son de alerta tardía, ya que solo detectan la fatiga cuando la persona está por quedarse dormida y ya es probable que haya ocurrido un incidente.

Análisis del rendimiento: adicionalmente, se puede realizar un análisis de datos de rendimiento operacional mediante indicadores de desempeño del personal o calificaciones de alumnos de cursos. También se pueden incorporar observadores en el lugar de trabajo para que evalúen el rendimiento en el puesto mediante auditorías de seguridad operativa específicas.

## **Otros factores que contribuyen al desarrollo de fatiga**

Como se mencionó previamente, el tipo de tarea que se realiza también puede influir en el desarrollo de fatiga, ya que algunas son más cansadoras que otras. Además, algunos aspectos del entorno laboral pueden afectar en el desarrollo de fatiga más que otros. Por ejemplo, los síntomas de fatiga tienden a ser más frecuentes en lugares de trabajo que tienen altos niveles de vibración o ruido,

o altas temperaturas. También influye el nivel de iluminación (lux). Dado que estos factores no se identificarían en los Niveles 1 o 2, detectarlos en el lugar de trabajo proporciona un nivel adicional de control al SGRF.

## Cuándo realizar los controles y qué conducta tomar

### Puntos de control

Es importante determinar cuáles son los momentos apropiados dentro de las jornadas laborales para realizar los controles de fatiga. Para ello, se debe tener en cuenta si la tarea es constante o intermitente, el riesgo de la tarea y los puntos críticos de decaimiento del nivel atencional.

1. Puntos fijos de control: dividir la jornada en mitades, tercios o cuartos, y realizar un control fijo al inicio de cada etapa. La frecuencia se debe determinar en función del riesgo de la tarea habitual.
2. Puntos de control previos a tareas riesgosas: independientemente de lo anterior, si se debe realizar una tarea considerada como riesgosa, se debe realizar un control de fatiga de forma previa.
3. Control continuo: si la tarea riesgosa se extiende en el tiempo, el control debe ser continuo. A veces la misma jornada laboral es una tarea riesgosa en todo momento, como la conducción de vehículos, que requiere niveles sostenidos de alerta.
4. Puntos de control establecidos según el MBMF de la jornada laboral correspondiente.
5. Se puede considerar llevar adelante una predicción en tiempo real de la fatiga de cada trabajador a través de un *software* o aplicación que utilice el algoritmo descripto en la Tabla 6 o que implemente el MBMF, alimentado por los datos de sueño objetivos o subjetivos individuales de cada trabajador. De esta forma, se obtendría una métrica más precisa

que la mencionada en el punto anterior.

6. Se puede realizar un estudio objetivo o subjetivo de síntomas de fatiga o rendimiento dentro de la jornada laboral de interés previo al desarrollo del SGRF, y utilizar estos datos para establecer puntos de control.
7. Estos controles, además, deberían estar disponibles para que cualquier empleado que reporte sentirse fatigado pueda realizarlos en el momento. Se debe recordar que el trabajador es el último eslabón en la cadena de prevención, ya que es capaz de frenar la serie de sucesos que podrían desencadenar un incidente al manejar de forma proactiva su propia fatiga.

## **Acciones a tomar**

### **Individuales**

A continuación, se detallan las acciones a tomar cuando se considera que un trabajador no está en condiciones de llevar adelante sus tareas. Estas conductas no necesariamente deben ser una respuesta reactiva a la detección de fatiga, sino que pueden ser adoptadas durante los períodos identificados como riesgosos (utilizando las herramientas mencionadas en el capítulo 2 o a partir de los resultados de un estudio previo de rendimiento), incluso en ausencia de síntomas de fatiga (por ejemplo, durante la supervisión de tareas).

- Realizar pruebas subjetivas u objetivas de detección de fatiga con mayor frecuencia que al resto de los trabajadores.
- Proveer una mayor supervisión o acompañamiento del trabajador en sus tareas, ya sea a través de otros compañeros o de un supervisor.
- Otorgarle al trabajador un descanso para que pueda ingerir una bebida con cafeína. Una dosis de entre 75 y 150 mg de cafeína eleva el estado de alerta 20 minutos después de su consumo. Los efectos estimulantes van a variar en inten-

sidad y duración de acuerdo con la dosis y frecuencia de consumo. Una taza de 200 ml de café suele tener alrededor de 100 mg de cafeína, mientras que una taza de 250 ml de té negro tiene alrededor de 50 mg de cafeína. Se sugiere no consumir más de 600 mg por día.

- Otorgarle al trabajador un tiempo para que tome una siesta corta, idealmente en un lugar apropiado. En aquellos trabajadores que trabajan en turnos no convencionales se ha demostrado que las siestas cortas (de aproximadamente 20 minutos) durante la jornada laboral pueden ser beneficiosas para disminuir los síntomas de fatiga. Debe tenerse en cuenta que siempre hay un periodo de bajo estado de alerta (inercia del sueño) luego de los periodos de sueño; la duración de ese periodo va a depender del tiempo de siesta (cuanto más corto sea el periodo de sueño, menor va a ser el tiempo de bajo estado de alerta). Las siestas de una duración mayor a los 20 minutos poseen muy pocos beneficios adicionales a las siestas cortas; además, es preferible que ese tiempo se utilice para darle la oportunidad de tomar una siesta a otro trabajador.
- Otorgarle al trabajador tareas de menor riesgo.

Se recomienda seguir estas recomendaciones en este orden, de acuerdo con el nivel de fatiga que presenta el trabajador. Además, es posible tomar dos o más acciones en conjunto de considerarlo necesario. Por ejemplo, se puede combinar la ingesta de cafeína junto con la siesta corta para potenciar los efectos de ambas acciones. Asimismo, se recomienda que, aunque el trabajador haya ingerido cafeína o tomado una siesta, se continúe con la supervisión de este por parte de sus compañeros o del supervisor.

En el caso de tareas que requieren de una concentración sostenida durante mucho tiempo, se recomienda que el trabajador tenga un descanso de al menos diez minutos cada dos horas.

Para el caso de tareas que se extienden por varios turnos de trabajo (por ejemplo, la conducción de vehículos en trayectos de larga distancia), se debe contemplar la realización de la tarea en parejas y alternar entre periodos de conducción y descanso. Esto excede el alcance del presente manual. En este caso, los periodos de siesta o sueño más prolongados durante la jornada laboral

no son planeados para “recuperar el estado de alerta”, sino para lograr un mínimo de horas de sueño que permitan mantener un estado de vigilia adecuado.

Asimismo, al detectar un trabajador fatigado es recomendable proveer un transporte seguro de regreso a su casa de ser necesario. Es importante que las acciones que se realicen sean del tipo no punitivas para facilitar la comunicación y el involucramiento de los trabajadores en el SGRF, y alentarlos a informar cuando se sienten fatigados.

Se recomienda que cualquiera de estas acciones se acompañe además de una charla con el trabajador para ver si es posible determinar la causa de su condición y buscar una posible solución para disminuir las chances de que vuelva a ocurrir un incidente. Muchas veces pueden existir trastornos de sueño (insomnio, apneas del sueño y otros), problemas de salud en general, consumo de medicamentos o cuestiones personales que están contribuyendo a la situación. Si se detecta que puede existir alguna de estas causas, el supervisor debería asistir al individuo en la búsqueda de apoyo y asistencia.

Todas estas reglas deben ser claras y explícitamente comunicadas a los trabajadores que forman parte del SGRF. De esta forma, además, se facilita la toma de decisiones por parte de los supervisores.

## **Organizacionales**

Por último, también se pueden plantear estrategias organizacionales que permitan disminuir aún más el riesgo de cometer errores relacionados a la fatiga (sobre todo en situaciones que presentan un mayor riesgo, como las jornadas extendidas). Este enfoque puede incluir cuatro componentes, los cuales se plantean a continuación junto con algunos ejemplos de estrategias posibles:

Doble verificación, para aumentar la probabilidad de detectar errores:

- supervisión cercana;
- trabajo en parejas o equipos dependiendo de la tarea;
- rotación de tareas;

- listados de chequeo;
- apoyo al nuevo personal por parte de aquel con mayor experiencia;
- sistemas de autorreporte;
- hacer hincapié en que haya una buena comunicación escrita o verbal en los traspasos de turno.

Mejoras del ambiente laboral:

- provisión de tiempos de descanso y elección individual de estos tiempos;
- provisión de instalaciones apropiadas para el momento de descanso;
- implementación de siestarios;
- iluminación adecuada;
- control de temperatura;
- control de ruidos;
- gestión de vibraciones;
- provisión de medio de transporte al trabajo o alentar el uso de vehículos compartidos.

Planificar tareas menos complejas o menos críticas para la seguridad en los momentos de mayor riesgo de fatiga:

- garantizar que, de ser posible, las tareas más riesgosas se lleven adelante durante el día y no durante la noche;
- rotar tareas;
- evitar las tareas más “aburridas” en los momentos de mayor riesgo de fatiga;
- mantener un número adecuado de personas asignadas a una tarea.

Entrenar al personal acerca de las limitaciones personales y estrategias para aumentar el nivel de alerta:

- implementar con frecuencia los programas de concientiza-

ción sobre fatiga;

- realizar capacitaciones para la actualización y desarrollo de capacidades;
- implementar programas educativos de higiene del sueño y de factores que influyen sobre el estado de alerta;
- alentar la realización de actividad física;
- tener a disposición de los trabajadores bebidas con cafeína.

Como parte de un programa de salud laboral:

- promover la detección de trastornos de sueño como el insomnio y las apneas de sueño, entre otros;
- interrogar sobre el consumo de medicamentos que puedan impactar sobre el nivel de alerta (por ejemplo, benzodiazepinas);
- evaluar la presencia de otros trastornos biológicos (por ejemplo, enfermedades respiratorias o cardiovasculares, dolor), psicológicos (por ejemplo, depresión, ansiedad) o sociales (por ejemplo, cuidado de bebés o personas mayores) que puedan interferir con un descanso adecuado en el hogar.

## **Niveles 4 y 5: investigación de errores, incidentes y accidentes**

Incluso luego de haber implementado controles estrictos, todavía es posible que se produzcan errores relacionados con la fatiga y se provoquen incidentes o accidentes. Los controles del Nivel 4 y 5 están diseñados para retroalimentar y mejorar el SGRF.

### **Investigación de errores, incidentes y accidentes**

El Nivel 4 del SGRF se encarga del control e investigación de los errores relacionados con la fatiga; mientras que en el Nivel 5

se llevan adelante los mecanismos de control e investigación de incidentes y accidentes. Cuando se habla de “error”, se hace referencia a todo aquel evento crítico para la seguridad que no provoca daños a equipamiento, lesiones o muerte, pero que potencialmente podría provocarlo en diferentes circunstancias. Se define “incidente” como todo aquel evento crítico para la seguridad que genera o podría ocasionar daños a equipamiento o lesiones leves. Por otro lado, se define “accidente” como todo aquel evento crítico para la seguridad que resulta en daños a equipamiento, lesiones o muerte. En la presente sección, se utilizará la expresión “eventos adversos” para referirse indistintamente a cualquiera de los tres términos, excepto que fuese necesario referirse a alguno en particular.

En estos niveles, se implementan procesos reactivos, como informes y entrevistas, para identificar la contribución de la fatiga en eventos relacionados con la seguridad operacional. El objetivo es determinar cómo se podrían haber mitigado los efectos de la fatiga y reducir la probabilidad de sucesos similares en el futuro.

Los eventos adversos que una organización debe registrar y documentar deberían incluir errores, incidentes y accidentes. La investigación de los eventos adversos debe realizarse de manera que facilite la determinación del papel, si lo hubiera, de la fatiga como causa raíz o causa contribuyente.

Para que un evento adverso esté definido como relacionado con la fatiga, se debe demostrar que es probable que la persona estuviera fatigada o que hay una consistencia con respecto a los errores relacionados con ella (es decir, causados por quedarse dormido, falta de atención, retraso en el tiempo de reacción, error de juicio, etc.).

Para definir si es probable que el trabajador estuviera fatigado, se deben revisar los primeros tres niveles del SGRF. Esto permite determinar si:

- el esquema de trabajo proporcionó suficientes oportunidades de descanso para el trabajador;
- el trabajador realmente durmió lo suficiente;
- se observaron síntomas relacionados con la fatiga antes del evento.

Para ello, la información recopilada al momento de un evento adverso debe incluir la hora de ocurrencia, el esquema de turnos

que venía realizando el individuo, el número de horas que el individuo llevaba despierto, el número de horas de sueño en las últimas 24 horas de los trabajadores involucrados y la duración del turno (que incluye las horas extra trabajadas). Asimismo, se debe informar si el evento ocurrió durante operaciones normales o durante un turno extendido, si la carga de trabajo era alta o baja antes de que ocurriera y si se estaba produciendo un cambio de mando. Cabe señalar que, en el caso de eventos individuales, a menudo no es posible llegar a una conclusión definitiva sobre el papel de la fatiga. Sin embargo, el análisis agregado de eventos puede revelar patrones que sugieren su rol, los cuales no son evidentes al evaluar los eventos de manera individual. Adicionalmente, es importante investigar si las personas involucradas tomaron medidas o decisiones particulares que causaron el evento.

Esta información generalmente se recopila inmediatamente después del evento adverso mediante el recuerdo de las personas involucradas y se verifica siempre que sea posible con otras personas que hayan estado presentes antes o durante el evento.

Al recolectar información relacionada con la fatiga, la empresa puede mejorar la comprensión de su propio riesgo de fatiga y ajustar sus procedimientos para reducirlo.

A continuación, se proveen algunas preguntas que se recomienda incluir en la investigación de eventos adversos.

1. ¿Cuál fue el evento adverso reportado? ¿Se trató de un error, incidente o accidente?
2. ¿Cuál fue la fecha y hora del evento?
3. ¿Cuál fue el esquema de trabajo planificado de las últimas dos semanas para cada persona involucrada en el evento? [Controles de Nivel 1]
4. ¿Cuál fue el esquema real de trabajo de las personas involucradas en el evento durante las dos semanas anteriores? [Controles de Nivel 2]
5. De ser pertinente, ¿cuáles fueron las razones de las horas adicionales trabajadas durante este período? Específicamente, ¿el trabajo o las horas extras eran previsible con antelación?, ¿cómo se repartieron entre todos los empleados elegibles? [Controles de Nivel 2]

6. ¿Cuántas horas de sueño recuerda haber dormido cada persona involucrada en el evento en las 24 y 48 horas previas? [Controles de Nivel 2]
7. ¿Cuánto tiempo estuvo despierto cada trabajador involucrado en el momento del evento? [Controles de Nivel 2]
8. ¿Se observó que alguno de los empleados se quedó dormido o tuvo dificultades para mantenerse alerta durante la semana anterior al evento? En caso afirmativo, detallar. [Controles de Nivel 3]
9. ¿Alguien involucrado en el evento recuerda haberse quedado dormido inesperadamente o haber tenido dificultades para permanecer alerta durante la semana anterior a que este ocurra? En caso afirmativo, detallar. [Controles de Nivel 3]
10. ¿Alguien involucrado en el evento tomó medicamentos (con o sin receta) en la semana anterior? En caso afirmativo, documente los detalles y anote cualquier efecto que se sepa que el medicamento o fármaco tiene sobre el sueño, el estado de alerta o la fatiga. [Controles de Nivel 3]
11. ¿Algún empleado involucrado tenía conocimiento de un trastorno del sueño u otro trastorno médico que pudiera haber afectado el sueño, el estado de alerta o la fatiga? En caso afirmativo, detallar. [Controles de Nivel 3]
12. ¿Alguno de los trabajadores involucrados estaba sufriendo estrés personal, financiero o de otro tipo que pudiera haber afectado el sueño, el estado de alerta o la fatiga? En caso afirmativo, ¿continúa ese estrés? Detallar.
13. ¿Alguno de los trabajadores involucrados tuvo otro trabajo o responsabilidad importante en las dos semanas anteriores? En caso afirmativo, detallar.
14. Aproximadamente, ¿cuántos minutos dura el viaje hacia y desde el trabajo de cada persona involucrada en el evento?

Es posible que mediante las respuestas a algunas de estas preguntas identifiquen áreas que necesitan ser investigadas con mayor profundidad.

Una vez realizado el cuestionario anterior, se puede llevar adelante un segundo cuestionario o lista de verificación en la cual se analicen diferentes indicadores de desempeño para establecer si las medidas o decisiones inseguras eran congruentes con el tipo de comportamiento que se espera de una persona fatigada. En la Tabla 12, se provee un ejemplo de lista de verificación.

| <b>TABLA 12. LISTA DE VERIFICACIÓN D<br/>E INDICADORES DE DESEMPEÑO</b>                   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Indicador de desempeño</b>   | <b>Observaciones</b> |
| <b>Atención</b>   |                      |
| Omitió una tarea  |                      |
| Ordenó incorrectamente una tarea se-<br>cuenal  |                      |
| Realizó tareas innecesarias   |                      |
| Se enfocó en una sola tarea o elemento<br>(habiendo otras que requerían su aten-<br>ción) |                      |
| Mostró falta de conocimiento o bajo des-<br>empeño  |                      |
| Volvió a realizar procedimientos antiguos<br>incorrectos o ineficaces                     |                      |
| Se centró en un problema menor a pesar<br>del riesgo de uno mayor                         |                      |
| No valoró la gravedad de una situación  |                      |
| No anticipó un peligro  |                      |
| Disminuyó la vigilancia   |                      |
| No respetó señales de alarma  |                      |
| <b>Memoria</b>  |                      |
| Olvidó una tarea o elementos de una tarea   |                      |
| Olvidó la secuencia de tareas o de los<br>elementos de una tarea                          |                      |

|   |  |
|---|--|
| Recordaba de forma imprecisa eventos operacionales  |  |
| <b>Alerta</b>   |  |
| Experimentó un sueño incontrolable en forma de episodios de micro sueño, siestas o sueño prolongado |  |
| Presentó comportamientos automáticos  |  |
| <b>Tiempo de reacción</b>   |  |
| Respondió lentamente a estímulos (rutinarios o de emergencia)                                       |  |
| No respondió a estímulos (rutinarios o de emergencia)   |  |
| Capacidad de resolver problemas   |  |
| Actuó con lógica inadecuada   |  |
| Tuvo problemas con tareas que involucran procesamiento cognitivo                                    |  |
| Aplicó medidas correctivas inadecuadas  |  |
| No interpretó una situación en forma precisa  |  |
| Mostró una mala estimación de distancia, tiempo o velocidad   |  |
| <b>Estado de ánimo</b>  |  |
| Hablaba menos de lo normal  |  |
| No realizó las tareas sencillas   |  |
| Estuvo irritable  |  |
| Se distrajo por alguna molestia   |  |
| <b>Actitud</b>  |  |
| Adoptó riesgos innecesarios   |  |
| Pasó por alto verificaciones o procedimientos   |  |
| Mostró una actitud despreocupada, negligente o imprudente.  |  |
| <b>Efectos neurológicos</b>   |  |

|   |  |
|---|--|
| Presentó defectos en el habla   |  |
| Presentó errores motores (p. ej. tecleado o selección de interruptores)   |  |
| <i>Adaptada de Organización de Aviación Civil Internacional - OACI (2012). Doc 9966, Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación. OACI. Canadá.</i> |  |

Con el tiempo, los resultados de estas investigaciones se pueden utilizar para identificar los factores relevantes que podrían estar involucrados en la ocurrencia de eventos adversos. Los datos de investigación de eventos recopilados correctamente pueden permitir a la organización desarrollar controles más estrictos y específicos para reducir el riesgo de futuros sucesos.

## **Auditoría interna**

Idealmente, se debería realizar una auditoría interna del SGRF un año después de la implementación inicial y, posteriormente, cada dos años. Estas auditorías generalmente las lleva a cabo el gerente de seguridad o un consultor externo. Sin embargo, es esencial que los trabajadores participen en el proceso para obtener sus percepciones sobre cómo está funcionando el SGRF. La auditoría debería indagar acerca de cómo se implementaron las políticas del SGRF, cómo se compone y funciona el equipo a cargo, cómo se comunicó su implementación y si los trabajadores participaron del proceso de desarrollo, cómo se organizan los esquemas laborales actualmente, qué herramientas se utilizan para los controles, cómo es el programa de educación y de entrenamiento de los trabajadores, cómo se investigan los eventos adversos, etc.

Adicionalmente, la efectividad del SGRF debe revisarse periódicamente. Para ello, se deben fijar objetivos clave dentro de los parámetros del SGRF y se deben utilizar métricas que permitan determinar si se están cumpliendo o no. Algunos de estos pueden relacionarse, por ejemplo, con la cantidad de jornadas laborales extendidas llevadas a cabo por cada trabajador mensualmente, la cantidad de días de franco mensuales para cada trabajador, cantidad y tipo de excepciones, etc. Además, estos objetivos pueden ser

revisados y agregados al SGRF. Adicionalmente, se pueden analizar métricas de variables que podrían estar relacionadas con la fatiga, como el ausentismo, los costos de salud, la productividad y los datos de los eventos adversos en sí mismos. Sin embargo, al analizar estos datos, se debe tener en cuenta que existen otros factores que también podrían estar impactando en estas variables.

## **Componentes y funcionamiento de un SGRF**

En términos generales, el SGRF puede considerarse como una extensión o incorporación de funciones dentro del SGS, como se menciona en la primera sección del presente capítulo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el SGRF y el SGS son sistemas de gestión distintos. El SGRF se centra específicamente en la gestión de riesgos relacionados con la fatiga y es un sistema de gestión opcional. Por otro lado, el SGS es un sistema de gestión que abarca la mitigación de todos los riesgos operacionales sin un enfoque específico en la fatiga.

La comunicación entre el SGRF y el SGS es necesaria para integrar la gestión de riesgos de fatiga en la gestión general de riesgos. La estructura y la forma en que se vincula el SGRF con el SGS pueden variar según el tamaño de la organización, el tipo y la complejidad de las operaciones, y la madurez relativa de ambos sistemas de seguridad.

La Figura 11 muestra la estructura básica de un SGRF, donde un “grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional asociados a la fatiga” es responsable de su correcto funcionamiento. Este puede incluir representantes de diferentes sectores de la organización.

Las actividades principales para el desarrollo y supervisión del SGRF son los procesos de gestión de riesgos asociados a la fatiga y los procesos de garantía de la seguridad operacional. Estas actividades se basan en la estructura organizativa establecida en la política y la documentación del SGRF, así como en los procesos de promoción. Todas estas actividades son coordinadas por el grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional asociados a la fatiga.



Figura 11. Componentes de un SGRF.

## Componentes de un SGRF

### Procesos de gestión de los riesgos de fatiga

Las actividades correspondientes a los procesos de gestión de riesgos son llevadas adelante por el grupo de acción para la gestión de riesgos de seguridad operacional e incluyen:

- identificar cuándo la fatiga se convierte en un peligro;
- evaluar el nivel de riesgo asociado a un peligro de fatiga específico;
- si es necesario, implementar controles y estrategias de mitigación, y supervisar su efectividad para garantizar que

mantienen el riesgo en un nivel aceptable.

Para ello, se requieren diferentes tipos de datos, que incluyen medidas de los niveles de fatiga y del desempeño operativo de los individuos. Es importante seleccionar la combinación adecuada de medidas para cada operación incluida en el SGRF.

## **Procesos de garantía de seguridad operacional**

Los procesos de garantía de seguridad operacional del SGRF supervisan el funcionamiento integral del sistema, ya que verifican si se cumplen los objetivos de seguridad operacional establecidos en la política del SGRF y las necesidades cambiantes del entorno operativo. Además, identifican oportunidades de mejora continua en la gestión de los riesgos asociados a la fatiga.

Estos procesos utilizan una variedad de información que incluye indicadores de rendimiento en seguridad operacional, que pueden medirse y monitorearse a lo largo del tiempo. Los indicadores en su conjunto proporcionan una visión más completa del desempeño general del SGRF en comparación con una única medida. Además, recurren a información y experiencia provenientes de fuentes internas y externas a la organización para evaluar el funcionamiento del SGRF.

Los procesos de garantía de la seguridad operacional del SGRF tendrán a cargo las siguientes funciones:

1. Realizar una supervisión continua de la eficacia del SGRF, analizar tendencias y medir la efectividad de los controles de riesgos de seguridad operacional. Se deberán utilizar diversas fuentes de datos, como la notificación e investigación de peligros, auditorías y estudios sobre fatiga.
2. Establecer un proceso para la gestión del cambio que incluya la identificación de modificaciones en el entorno operacional de la organización que puedan afectar al SGRF.
3. Facilitar la mejora continua del SGRF, lo cual implicará la eliminación o modificación de controles de riesgos que hayan tenido consecuencias no deseadas o que ya no sean necesarios debido a cambios en el entorno operacional o de la

organización.

4. Evaluar periódicamente las instalaciones, equipos, documentación y procedimientos. Se determinará la necesidad de introducir nuevos procesos y procedimientos para mitigar los riesgos emergentes relacionados con la fatiga.

Para realizar una vigilancia efectiva del funcionamiento del SGRF y examinar su rendimiento, los procesos de garantía de seguridad operacional deben operar en estrecha comunicación con el grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional asociados a la fatiga, pero también mantener cierto grado de independencia para evitar que el grupo de acción revise su propio rendimiento. Según el tamaño de la organización, la responsabilidad de estos procesos se puede asignar a una persona o equipo de garantía de calidad.

## **Procesos de educación y comunicación del SGRF**

Los procesos de educación y comunicación tienen como objetivo mejorar constantemente el rendimiento del SGRF y lograr niveles óptimos de seguridad operacional. Esto incluye programas de capacitación y comunicación. La comunicación efectiva en toda la organización es crucial y respalda las actividades fundamentales del funcionamiento del SGRF. Es necesario mantener una comunicación regular sobre las actividades y el desempeño con todas las partes interesadas. Dependiendo de la estructura de la organización, esta comunicación puede provenir del grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional o de un responsable del plan de comunicación. Por otro lado, los sujetos deben poder comunicar de manera rápida y clara cualquier problema relacionado con los riesgos de fatiga.

Es fundamental que todo el personal involucrado en el SGRF esté capacitado y sea competente para desempeñar sus responsabilidades. Los requisitos para la formación inicial y periódica deben ser especificados en la documentación. La capacitación aborda principios fundamentales del sueño y la fatiga, como la gestión del sueño y el funcionamiento del reloj circadiano. Estos principios no solo se aplican a los roles de las personas en el SGRF durante el

trabajo, sino también en su vida fuera del trabajo. Por lo tanto, la capacitación aborda problemas con los que todos pueden identificarse, lo que ayuda a promover el concepto de responsabilidad compartida.

## **Política**

La política del SGRF establece el compromiso de la institución en la gestión de los riesgos asociados a la fatiga. En algunos casos, puede resultar apropiado que se incorpore dentro de la política del SGS. Esta establece el marco general en el cual se implementa el SGRF y define de manera clara todos sus elementos. Cada aspecto de la política del SGRF debe ser fácilmente identificable de otras declaraciones de política relacionadas con la seguridad operacional.

La política del SGRF debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Reflejará la responsabilidad compartida de las autoridades, instructores, operadores, alumnos y otros miembros involucrados.
- Establecerá de manera clara los objetivos de seguridad operacional del SGRF.
- Llevará la firma de la máxima autoridad responsable de la unidad.
- Será comunicada a todos los sectores de la organización.
- Declarará el compromiso de la dirección en materia de seguridad operacional.
- Requerirá revisiones periódicas para garantizar su pertinencia e idoneidad.
- Requerirá que en el manual de operaciones se defina claramente el alcance de las operaciones con SGRF.

Todas las personas de una organización tienen diferentes responsabilidades en el marco de un SGRF. Los altos mandos deben garantizar las oportunidades adecuadas de descanso, mitigar los riesgos asociados a la fatiga y tomar acciones en caso de que un

trabajador no esté en condiciones de realizar sus tareas. Los supervisores son responsables de tomar las acciones apropiadas cuando se encuentran con un trabajador con síntomas excesivos de fatiga. Estas deben estar explicitadas de manera clara en los protocolos de la institución. El objetivo de todas estas acciones debe ser mantener y promover la seguridad. Por último, el trabajador es el responsable de obtener un período de sueño suficiente, de reportar cuando se siente fatigado o en riesgo de cometer un error relacionado a la fatiga, y de avisar cuando es testigo de una situación que pueda representar un riesgo asociado a la fatiga.

## Documentación

El SGRF debe definir políticas, procedimientos y prácticas claros que garanticen que el error relacionado a la fatiga se reduzca todo lo posible. Este conjunto normativo debería contener las secciones que se detallan a continuación. Se debe tener en cuenta que muchas de estas secciones ya pueden ser parte del SGS de la organización y, por lo tanto, pueden ser referenciadas o copiadas de dicho sistema.

- **Preámbulo:** debe establecer por qué se implementa, quiénes estarán afectados al sistema y cuáles serán sus responsabilidades, y cada cuánto se revisará y actualizará.
- **Documento de control:** debe explicitar cómo se van a registrar las posibles modificaciones de los sistemas, cómo se les informarán a los trabajadores y cómo se va a chequear que los trabajadores hayan comprendido tales cambios.
- **Definiciones y abreviaturas:** de términos ambiguos o desconocidos por el lector.
- **Publicaciones operativas relevantes:** debe citar los documentos regulatorios o de la organización a los cuales se hace referencia en el manual.
- **Información legal y de contacto de la institución.**
- **Estructura organizacional de la institución.**
- **Responsabilidades del personal de la institución:** debe defi-

nir cuáles son las tareas y responsabilidades de cada grupo de trabajadores en el contexto del SGRF.

- **Estructura básica del SGRF.**
- **Política del SGRF**, que debe explicitar un compromiso de la gerencia con el SGRF, los objetivos y la comunicación y consulta durante su desarrollo.
- **Diseño de esquemas laborales:** debe explicar cómo se va a analizar el riesgo asociado a cada esquema laboral para seleccionar los más seguros.
- **Control de sueño logrado:** debe explicitar cuál es la cantidad de sueño necesaria mínima, qué herramientas se utilizarán para el control del sueño, qué medidas se tomarán si se detecta privación de sueño en un trabajador frecuentemente, etc.
- **Control de síntomas relacionados con la fatiga:** debe definir cuáles son los principales síntomas de fatiga, cómo se van a reportar/detectar estos síntomas, etc.
- **Estrategias para disminuir el riesgo de errores relacionados con la fatiga:** debe explicar qué estrategias adicionales se emplearán para evitar los errores sobre todo en contextos de alta probabilidad de fatiga (operaciones extendidas).
- **Reporte de riesgos, errores, incidentes y accidentes relacionados con la fatiga:** debe explicitar cómo se realizarán los reportes, qué factores se investigarán para determinar el papel de la fatiga, cómo se puede mejorar el reporte, etc.
- **Programas de entrenamiento y educación:** debe comunicar cómo y cuándo se realizarán los programas de entrenamiento y educación, qué temas cubrirán estos programas, con qué frecuencia se ofrecerán, etc.
- **Revisión y mejora del sistema:** debe definir cada cuánto se realizarán revisiones para evaluar el funcionamiento del sistema, quiénes serán los responsables de realizarlas y cómo se realizarán, qué se hará con la información recolectada, cómo se informará a los trabajadores acerca de los resultados de la revisión, etc.

## **Grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional asociados a la fatiga**

Este grupo tiene las siguientes funciones principales:

- Desarrollar y mantener la documentación del SGRF.
- Gestionar los procesos del SGRF.
- Contribuir a los procesos de garantía de la seguridad operacional del SGRF.
- Responsabilizarse de los procesos de promoción del SGRF.

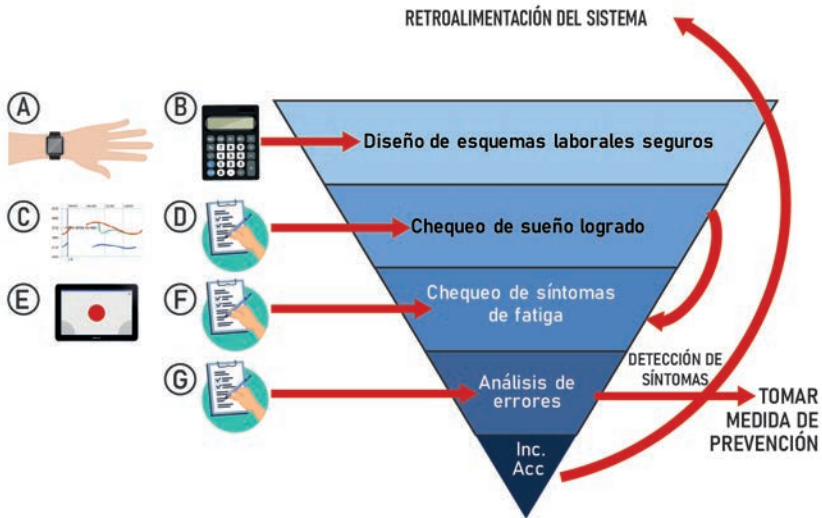
La composición del grupo de acción sobre riesgos de seguridad operacional asociados a la fatiga debe reflejar la responsabilidad compartida entre los trabajadores y las autoridades, lo cual incluye representantes de todos los grupos involucrados, así como otras personas necesarias para asegurar el acceso adecuado a los conocimientos científicos y médicos. El grupo debe actuar según las atribuciones establecidas en la documentación del SGRF.

El tamaño y la composición de este grupo deben estar relacionados con el tamaño y la complejidad de las operaciones, y con el nivel de riesgo asociado a la fatiga de dichas operaciones.

### **¿Cómo debería funcionar un SGRF?**

Una vez desarrollado e implementado, el SGRF debería funcionar cómo se indica en la Figura 12. En un principio, se deben haber diseñado los esquemas laborales de la organización de manera tal que sean los que presentan el menor riesgo de fatiga para sus operarios. Durante cada jornada laboral, los trabajadores deben chequear el sueño logrado al inicio de la jornada y se determinarán los momentos críticos de fatiga predichos para su jornada laboral mediante alguna de las herramientas mencionadas en este capítulo. Asimismo, se deberá chequear la presencia de síntomas de fatiga en los momentos establecidos en la sección sobre la inercia del sueño (que incluyen los predichos según el sueño obtenido) con alguna de las herramientas que se exponen aquí. Al detectarse síntomas de fatiga en un trabajador, se debe tomar alguna de las acciones mencionadas del presente capítulo. Por último, cada vez

que ocurra un error, incidente o accidente, se debe investigar si la fatiga pudo haber tenido un papel en el desarrollo de este. Los datos recolectados de esta investigación, junto con los datos de auditoría, deben utilizarse para retroalimentar el sistema; es decir, para revisarlo y mejorarlo continuamente.



**Figura 12. Esquema de funcionamiento de un sistema de manejo del riesgo de fatiga.** El Nivel 1 se corresponde con el diseño de esquemas laborales seguros mediante el uso del MBMF (A), matrices de cálculo de riesgo de fatiga (B) o datos de sueño y alerta provenientes de estudios realizados en los trabajadores, y siempre siguiendo las reglamentaciones laborales y las recomendaciones existentes en la bibliografía. Para cumplir con el Nivel 2, durante cada jornada laboral los trabajadores deben chequear el sueño logrado al inicio de la jornada a través de mediciones objetivas, como actigrafía (C) o cuestionarios subjetivos (D). Asimismo, se determinarán los momentos críticos de fatiga predichos para su jornada laboral mediante alguna de las herramientas mencionadas. Si se detecta que un trabajador no obtuvo el sueño recomendado, este deberá realizar un control de síntomas de fatiga en ese momento. En el Nivel 3, se deberá chequear la presencia de síntomas de fatiga en los momentos establecidos (que incluyen los predichos según el sueño obtenido) mediante alguna de las herramientas objetivas, como un test de reacción (E), o mediante una escala o cuestionario (F). De detectarse síntomas de fatiga en un trabajador, se debe tomar alguna de las medidas mencionadas en el presente capítulo. Por último, cada vez que ocurra un error, incidente o accidente (Niveles 4 y 5), se debe investigar si la fatiga pudo haber tenido un papel en el desarrollo de este. Los datos recolectados de esta investigación, junto con los datos de auditoría, deben utilizarse para retroalimentar el sistema.

### 3. El sueño en personal militar

Como se ha mencionado al inicio del libro, el sueño es fundamental para el rendimiento y la salud física y mental. En este capítulo, se analizará el sueño en diversas situaciones militares y se presentarán herramientas y técnicas para la gestión de la fatiga, algunas de ellas aplicables también a la vida civil y ya descritas en el capítulo anterior, aunque serán tratadas nuevamente aquí en el contexto de la vida militar. Las recomendaciones de este capítulo han sido adaptadas de los trabajos citados al final.

No muy lejos en el tiempo, se creía que los soldados que se desplegaban en entornos operativos podían operar eficazmente con solo unas pocas horas de sueño. Sin embargo, actualmente se reconoce la fuerte relación que existe entre pérdida de sueño y un rendimiento deficiente. El sueño es una necesidad biológica crítica para que las misiones militares puedan ser exitosas; pero en condiciones operacionales, obtener un sueño adecuado puede ser dificultoso. No solo hay falta de tiempo para descansar durante las operaciones de combate, sino también una alteración circadiana por cambios de huso horario, un entorno desconocido y hostil, factores emocionales como el estrés y el miedo, condiciones ambientales adversas y ausencia de comodidades. Las oportunidades para dormir pueden surgir de manera inesperada y, ocasionalmente, deben descansar durante el día, lo que puede resultar desafiante debido a la incompatibilidad con el ritmo circadiano.

El personal que se prepara para el combate debe estar física y psicológicamente fuerte, especialmente aquel que se despliega en líneas avanzadas o bajo operaciones complejas, donde el ritmo operativo es alto, el margen de error es pequeño y la capacidad de apoyo muy escasa. Además, la necesidad de realizar operaciones nocturnas presenta desafíos adicionales para mantener el nivel de alerta de un soldado. Irónicamente, aunque el sueño es fundamental para mantener el rendimiento y la eficacia militar en tales condiciones, la pérdida de sueño es casi inevitable. Es comúnmente aceptado que el tiempo dedicado al sueño puede ser sacrificado para obtener más tiempo para las actividades diarias. Sin embar-

go, la evidencia científica nos indica de manera clara que el sueño no es algo que pueda ser intercambiado o negociado. Se estima que los soldados son operativamente ineficaces luego de 48 horas sin dormir, incluso soldados bien equipados, bien entrenados y altamente motivados que operan dentro de unidades cohesivas con buena moral no son resistentes a los efectos de la pérdida del sueño. El sueño debe considerarse tan indispensable como otras necesidades básicas de la logística, como la obtención de agua, alimentos, combustible y municiones.

## **El sueño saludable**

Como se describió anteriormente, un sueño reparador depende de optimizar la duración, el horario y la calidad del sueño de cada sujeto, y ajustarlos a las limitaciones de una misión. Si el cerebro carece de sueño durante un tiempo prolongado, en algún momento, se dormirá. Aunque la somnolencia severa puede posponerse momentáneamente al aumentar la estimulación ambiental (por ejemplo, abriendo una ventana de un vehículo o lavándose la cara con agua fría), la fuerza de voluntad por sí sola no mantendrá la vigilia por mucho tiempo. Así como es imposible aguantar la respiración hasta perder el conocimiento, también es imposible que una persona privada de sueño resista su inicio. El inicio del sueño bajo estas condiciones no es un acto voluntario. Por lo tanto, la somnolencia severa es peligrosa no solo para los individuos que la experimentan, sino también para quienes los rodean. La somnolencia severa es más peligrosa cuando las personas realizan actividades monótonas como conducir, vigilar o monitorear equipos o pantallas de computadora.

## **Duración**

La capacidad física y cognitiva varían directamente en función de la cantidad de sueño obtenida. Cuanto más duermen las personas, mejor es su capacidad cognitiva, con tiempos de respuesta más rápidos, menos errores y menos lapsos de atención (pausas mayores a 500 milisegundos). También mejora el juicio, la resolu-

ción de problemas, la conciencia situacional, el estado de ánimo, la resiliencia y el bienestar general. Si bien no existe un umbral claro de sueño por debajo del cual la efectividad se vea comprometida y por encima del cual se mantenga, la mayoría de las personas necesita entre siete y nueve horas de sueño cada 24 horas para optimizar su salud y mantener su rendimiento. Aquellos que regularmente obtienen menos de siete horas de sueño nocturno generalmente pagan un precio: acumulan sin saberlo una deuda de sueño significativa, caracterizada por un menor nivel de alerta y una capacidad reducida para recuperarse del estrés. Estas personas suelen creer que están bien y pueden cumplir con sus deberes básicos de manera adecuada; sin embargo, desde un punto de vista objetivo, sus habilidades cognitivas están significativamente afectadas. Como regla general, cualquier persona que duerma dos o más horas adicionales en sus días libres (en comparación con los días de servicio) lleva una deuda de sueño significativa. Incluso para aquellos que regularmente obtienen las siete u ocho horas de sueño recomendadas por la noche, más sueño puede resultar en un mejor funcionamiento diurno. En este sentido, no hay un umbral fijo para mantener la efectividad militar; sin embargo, es difícil mantener un rendimiento adecuado con menos de seis horas de sueño. Para potenciar la salud y el desempeño en un entorno operacional, las personas deben intentar maximizar el sueño tanto como sea posible, dentro de las limitaciones impuestas por el trabajo o la misión que se realiza. A medida que aumenta la duración del sueño, también lo hace la probabilidad de éxito de la misión.

## **Calidad**

El valor reparador del sueño se determina no solo por la duración del período de sueño, sino también por la continuidad de dicho período, es decir, el grado en que el sueño es continuo e ininterrumpido. Cuando el sueño se interrumpe o acorta, se altera la progresión natural de los ciclos del sueño, lo cual reduce sus efectos beneficiosos. Además, una serie de trastornos individuales pueden afectar la capacidad de conciliar o mantener el sueño y disminuir la calidad de este, como ocurre con el insomnio, el trabajo en turnos nocturnos, en viajes transmeridianos, entornos ambien-

tales adversos o despliegues operacionales.

## **Horario**

Mantener un horario de sueño-vigilia constante tanto en días laborales como en días libres tiene el beneficio de fortalecer y reforzar los procesos internos que promueven la vigilia y el sueño, controlados por el reloj interno del cerebro. No obstante, solo se pueden obtener estos beneficios si se duerme la cantidad suficiente; un sueño insuficiente durante la semana laboral acumula una "deuda de sueño". En esta situación particular de restricción de sueño, es preferible dormir más tiempo durante los días libres y reducir la deuda de sueño en lugar de sacrificar el sueño para intentar mantener un horario de sueño-vigilia constante y fortalecer el ritmo circadiano de alerta. Aunque el ritmo circadiano de alerta generalmente promueve un ciclo de 24 horas de vigilia diurna y sueño nocturno, también hay una "caída" temporal en la alerta por la tarde. Esta caída se vuelve especialmente notable en individuos que tienen una deuda de sueño significativa. Para quienes puedan aprovecharla, proporciona una oportunidad para obtener un sueño diurno de buena calidad y ayudar a reducir cualquier deuda de sueño existente. Estas siestas se pueden tomar sin interrumpir significativamente el ritmo circadiano de alerta, siempre que no sean tan largas o frecuentes que afecten la capacidad de conciliar el sueño por la noche siguiente.

## **El sueño en la vida militar**

### **Las condiciones de sueño en la vida militar**

Un buen sueño es fundamental para mantener un rendimiento militar adecuado. Al optimizar la duración y continuidad del sueño, es importante considerar factores como el entorno para dormir, una rutina previa al descanso y un horario que se alinee lo más posible con el ritmo circadiano natural del cerebro. Las condiciones de la vida militar a menudo dificultan mantener un sueño saluda-

ble, ya sea por el entorno (como dormir en un centro de operaciones tácticas, cerca de maquinarias en un buque o en una carpa), el estrés operacional o los horarios de las misiones militares. Estas operaciones suelen ser continuas y están condicionadas por eventos y necesidades aleatorias e impredecibles. La restricción de sueño, el trabajo por turnos o los turnos rotativos son inevitables en tareas de servicio regular (sanidad militar, transporte, guardias operacionales, traslados internacionales) y durante despliegues operacionales, donde las oportunidades para dormir a menudo resultan escasas. Las recomendaciones mencionadas en secciones anteriores también se aplican a estos casos. A continuación, se abordarán algunas particularidades.

## Sueño y liderazgo

Un estilo de liderazgo que mejore los hábitos de sueño es un factor fundamental para el bienestar y salud del personal. Esto incluye la concientización sobre la importancia del sueño y la implementación de medidas que faciliten que los subordinados puedan practicar una buena higiene del sueño. Un ejemplo de concientización sobre el sueño es asegurarse que sus efectivos comprendan la importancia del sueño, así como las consecuencias negativas de su alteración; retrasar el inicio de la jornada laboral cuando los sujetos deben recorrer largas distancias permite que los subordinados duerman más tiempo, mejora la salud (reducción de visitas médicas y tasas de accidentes) y el clima social en la unidad. El acrónimo SLEEP (por sus siglas en inglés) representa las siguientes prácticas básicas de un liderazgo amigable con el sueño: establecer condiciones (*set conditions*), liderar con el ejemplo (*lead by example*), educar y motivar (*educate and encourage*), y priorizar y planificar (*prioritize and plan*).

Los líderes establecen condiciones cuando: 1) se esfuerzan por crear un entorno de sueño óptimo mediante el control del ruido, la luz y la temperatura; 2) abordan el estrés relacionado con el trabajo y otras fuentes de estrés que puedan interferir con el sueño del personal militar; y 3) implementan horarios de servicio que optimizan el sueño nocturno y el estado de alerta diurno.

Los líderes lideran con el ejemplo cuando: 1) sirven como mo-

delos a seguir para los subordinados al demostrar buenos hábitos de sueño y mantener un horario saludable de trabajo-descanso; 2) aprovechan oportunidades para demostrar que consideran el sueño una prioridad para la unidad; y 3) recuerdan a sus subordinados la importancia del sueño.

Los líderes educan y motivan cuando: 1) establecen una buena cultura de sueño en la unidad y se aseguran de que los líderes subordinados también adopten un buen liderazgo respecto al sueño; 2) animan a sus subordinados a estar atentos a los signos de problemas de sueño de manera regular; 3) se aseguran de que todos sus subordinados tengan acceso a información sobre hábitos de sueño efectivos; y 4) dan permiso a sus subordinados para dormir siestas cuando las circunstancias lo permitan y promueven las siestas cuando es apropiado, especialmente durante operaciones militares continuas.

Los líderes priorizan y planifican cuando: 1) se aseguran de que sus subordinados tengan suficiente tiempo para atender asuntos personales sin sacrificar el sueño; 2) están conscientes de los desafíos del trabajo por turnos y las operaciones continuas, e implementan horarios que mitigan sus efectos negativos en el rendimiento y la salud; 3) consideran el sueño como un suministro logístico, al igual que la comida y las municiones, y planifican en consecuencia. Es decir, programan suficiente tiempo para que sus subordinados duerman lo necesario (o incluso horas extra) antes y después de las misiones; 4) tratan que las actividades y periodos de descanso se ajusten al ritmo circadiano natural del cerebro para optimizar tanto la duración como la calidad del sueño y, por consiguiente, el rendimiento.

## **Planificando un sueño adecuado**

### **El sueño durante las misiones**

El sueño es un multiplicador de fuerza y su adecuada gestión optimiza el rendimiento en operaciones militares. En personal militar sano, no existe el “sueño excesivo”, ya que se considera que en estos contextos siempre existirá cierta privación de sueño. El objetivo siempre debe ser maximizar la duración del sueño, bajo la

premisa de que más sueño siempre va a dar como resultado una mayor alerta y agudeza mental, lo que se traduce en una mejor preparación.

Cuando los requisitos de la misión no permiten un sueño adecuado, el objetivo se vuelve doble: optimizar el estado de alerta y el rendimiento durante los períodos de vigilia en la medida de lo posible, y maximizar la capacidad del personal militar para aprovechar cualquier oportunidad de descanso que se presente. Nadie puede mantener indefinidamente la alerta y el rendimiento sin dormir, pero algunas personas son más afectadas por la falta de sueño que otras. Las diferencias individuales en la sensibilidad y resistencia a los efectos de la falta de sueño están determinadas tanto por la genética como por el historial de sueño o la duración previa de sueño, la duración de la vigilia continua (cuanto más largo sea el período de privación de sueño, peor será el rendimiento) y la hora del día o de la noche (el ritmo circadiano aumenta los efectos de la falta de sueño en las primeras horas de la mañana y atenúa parcialmente estos efectos durante el día o al atardecer).

No se puede predecir de antemano la sensibilidad o resistencia de un sujeto a los efectos de la privación de sueño; por lo tanto, se aconseja a los jefes medir objetivamente el rendimiento de sus subordinados, ya que la falta de sueño afecta la capacidad de autoevaluarse. Como regla general, los sujetos privados de sueño tienden a sobreestimar sus propias capacidades. Los jefes deben esperar y planificar no solo para un rendimiento reducido, sino también para una mayor variabilidad en la efectividad del personal a cargo a medida que aumenta la privación de sueño.

La hora del día, en relación con el ciclo sueño-vigilia, impacta directamente sobre el rendimiento. El trabajo realizado entre las 23:00 y las 08:00 h generalmente es menos eficiente (más lento y con mayor cantidad de errores) que el trabajo realizado durante el día y las primeras horas de la tarde. Los jefes deben anticipar niveles reducidos de productividad y efectividad durante estas horas.

La noción de que uno puede adaptarse a la falta de sueño es un mito generalizado. Aunque el personal militar generalmente se beneficia de entrenarse para conocer su respuesta a la privación de sueño, no puede ser entrenado para rendir mejor con menos sueño. Aunque los sujetos crónicamente privados de sueño se acostumbran a un nivel reducido de alerta, el cual piensan que es normal, las evaluaciones objetivas muestran que no hay evidencia

de habituación o adaptación a la falta de sueño. El único beneficio posible (que no es menor) de entrenar bajo condiciones de falta de sueño es que aumenta la conciencia de los sujetos sobre el impacto que la pérdida de sueño tiene en sus habilidades físicas y mentales.

## Antes de una misión

Aunque el personal militar no puede ser entrenado para rendir mejor con menos sueño, puede acumularlo. La acumulación de sueño se logra extendiendo significativamente el tiempo nocturno en la cama a más de ocho horas por noche. Los sujetos deben acumular sueño durante varias noches consecutivas antes de comenzar una misión que probablemente conllevará un sueño inadecuado. Además, se debe dejar de consumir cafeína y alcohol al menos seis horas antes del sueño programado. El sueño adicional que se obtiene de esta manera crea una "reserva de sueño", conocida en inglés como *sleep banking*, que se utiliza para mantener la alerta y el rendimiento durante la pérdida de sueño posterior. Es importante destacar que los beneficios de esta práctica no se limitan solo al día siguiente; se ha demostrado que estos beneficios pueden durar días, semanas o más. Aumentar la cantidad de sueño antes de una misión mejora el rendimiento durante esta y reduce la cantidad de sueño que posteriormente se necesita para recuperarse. Siempre que sea posible, los jefes deben brindar a sus subordinados la oportunidad de extender el sueño (10 horas en la cama por noche puede ser óptimo) durante varias noches consecutivas (al menos una semana, si es posible) antes de misiones que probablemente impliquen una pérdida significativa de sueño. Los jefes deben alentar a sus subordinados a aprovechar adecuadamente esta oportunidad para dormir más. Los sujetos logran mejor la extensión del sueño al acostarse más temprano en lugar de quedarse en la cama más tiempo, ya que despertarse a la misma hora cada mañana ayuda a mantener y fortalecer el ritmo circadiano de alerta.

## **Durante una misión**

Las estrategias de manejo del sueño planificadas adecuadamente mejoran el estado de alerta y el rendimiento en cualquier escenario operacional. Pueden marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de la misión cuando los riesgos son altos y las oportunidades para dormir son limitadas. El objetivo final de estas estrategias es maximizar la preparación de la unidad. Dos enfoques complementarios optimizan el estado de alerta y la efectividad de un militar durante operaciones continuas y sostenidas cuando tienen pocas o ninguna oportunidad para dormir. El primero (y más efectivo) consiste en optimizar el sueño en sí y en la mayor medida posible dados los límites operacionales. Nada es mejor, a corto o largo plazo, para prevenir o revertir los efectos de la pérdida de sueño que el propio sueño. Los objetivos de este enfoque son maximizar la duración y la continuidad del sueño. Esto implica principalmente la optimización de los horarios de trabajo-descanso (por ejemplo, al tomar siestas para acumular 7-8 horas de sueño en cada período de 24 h) y la optimización del entorno de sueño (por ejemplo, al separar las áreas de sueño de las de trabajo). El segundo enfoque conlleva facilitar directamente el estado de alerta en el sujeto privado de sueño mediante el uso de un estimulante como la cafeína. Esto debe hacerse de manera precavida para minimizar los efectos negativos de la cafeína sobre la duración y continuidad del sueño, y así, aprovechar las limitadas oportunidades de sueño que puedan surgir durante la misión. La cafeína puede ser utilizada para reducir la somnolencia al despertar de un periodo prolongado de sueño o tomada antes de un periodo breve de sueño (20 minutos, tiempo que tarda en hacer efecto) para obtener sus beneficios al despertar.

## **Después de una misión**

Es necesario tener en cuenta que cuanto más tiempo pasa una persona sin dormir, mayor es el declive en el rendimiento cognitivo y más tiempo tomará recuperarse de la deuda de sueño que se ha acumulado. En general, se tarda más en recuperarse de la restricción crónica de sueño (varias noches de sueño inadecuado) que

en recuperarse de un nivel comparable de privación total aguda del sueño (un solo período de vigilia prolongada). Aunque es difícil predecir con precisión la cantidad de sueño de recuperación que necesita cada individuo, el objetivo siempre debe ser maximizar la oportunidad de sueño de recuperación durante las noches siguientes a cualquier misión que resulte en pérdida de sueño. Así, se debe planear un tiempo adicional de sueño y aumentarlo a 8 h cada 24 h para volver a un estado óptimo de alerta y rendimiento.

## **El sueño durante operaciones continuas**

Las operaciones militares continuas por más de 24 h y sin interrupciones (CONOPS, por sus siglas en inglés) son características de los conflictos modernos. El personal militar debe estar preparado para llevar a cabo operaciones durante períodos prolongados con descanso limitado y privación de sueño. Se debe tener en cuenta que los efectos restauradores del sueño se manifiestan principalmente en el cerebro y se reflejan en una mejora del rendimiento cognitivo. Por lo tanto, es especialmente importante que los jefes y otras personas involucradas en tareas cognitivas de alto nivel, como la planificación de misiones, la toma de decisiones, la evaluación de riesgos y la resolución de problemas, aprovechen al máximo las oportunidades para obtener un sueño adecuado.

Un descanso insuficiente en el campo de batalla puede dificultar el procesamiento de información y la capacidad de actuar con rapidez, precisión y eficacia. A modo de ejemplo, un estudio analizó los efectos de la restricción del sueño en el desempeño militar mediante la observación de cuatro secciones de un grupo de artillería, las cuales durmieron entre cuatro y siete horas por noche durante un entrenamiento de 21 días de operaciones continuas. Se evaluó el rendimiento diario de cada sección en función de la cantidad de proyectiles de artillería que impactaban en el objetivo. Los resultados indicaron que limitar el descanso con el propósito de mejorar el desempeño no fue efectivo. En los primeros dos o tres días, la sección con menor tiempo de sueño logró mayor precisión debido a la mayor disponibilidad de tiempo para trabajar. Sin embargo, a partir del tercer día, su eficiencia disminuyó considerablemente. A pesar de contar con más horas para efectuar disparos, su produc-

ción total se redujo. Aunque la unidad que durmió cuatro horas por noche disponía de tres horas adicionales de trabajo diario, su eficiencia (impactos en el objetivo respecto al total de disparos) cayó por debajo de la unidad que durmió siete horas desde el tercer día de operaciones.

Otro aprendizaje surgió a partir de un incidente de fuego amigo durante la primera guerra del Golfo, donde un informe médico evidenció los riesgos que enfrentan las tropas al operar con restricción de sueño. En febrero de 1991, durante una ofensiva terrestre de 100 horas, un pelotón de vehículos de combate Bradley recibió la orden de detener su avance a las 18:00 h del quinto día y esperar hasta la mañana siguiente. Permanecieron en alerta mientras observaban con visores térmicos los puntos calientes en el terreno. Siete horas después, a la 01:00 h, identificaron movimiento en la distancia sin poder determinar si se trataba de fuerzas aliadas o enemigas. Como los iraquíes carecían de visores térmicos y continuaron avanzando, fueron interpretados como hostiles y sus vehículos fueron destruidos. Sin embargo, en la maniobra, dos unidades Bradley del flanco derecho giraron a la izquierda y atacaron accidentalmente a sus propias fuerzas, y eliminaron a dos unidades aliadas. El informe señaló que las tropas habían dormido entre tres y cuatro horas por noche durante los cinco días anteriores, lo que redujo significativamente su rendimiento. Además, el enfrentamiento ocurrió en las primeras horas de la mañana, un periodo en el que el desempeño cognitivo suele estar disminuido debido a los ritmos circadianos.

El personal que trabaja en turnos nocturnos generalmente necesita más tiempo para completar las tareas de manera exitosa porque lo hacen más lento o menos eficientemente. Estos sujetos también tienden a acumular deuda de sueño más rápido que aquellos que trabajan en turnos diurnos normales. Aquellos que realizan tareas críticas para la misión o la seguridad durante la fase descendente del ritmo circadiano de alerta (entre las 23:00 y las 08:00 h) requieren un mayor grado de supervisión. Durante estos períodos, cuando el estado de alerta de los sujetos se ve comprometido, existe un mayor riesgo de lapsos de atención e incluso episodios breves e incontrolados de sueño. Después de trabajar de noche, el trayecto en la mañana de regreso al hogar puede ser un momento de riesgo significativamente mayor. Por ejemplo, finalizar una guardia durante las primeras horas de la mañana (al-

rededor de las 07:00 h) puede poner a un sujeto privado de sueño al volante, lo cual aumenta el riesgo de sufrir un siniestro vial. Algunas medidas, como proporcionar áreas de descanso para después de un turno, programar los turnos nocturnos para que terminen durante la fase ascendente del ritmo circadiano de alerta (después de las 09:00 h) o proporcionar transporte al hogar, pueden ayudar a mejorar la seguridad del personal que trabaja de noche. Cuando se establecen los horarios de los turnos de trabajo, también es importante considerar el tiempo dedicado al viaje desde los hogares hasta la unidad para evitar que el personal ingrese con privación de sueño. Como ya se mencionó, las áreas de descanso y actividad también deben segregarse según los turnos trabajados. Esto minimiza las interrupciones del sueño causadas por las actividades de quienes trabajan en otros turnos. Por ejemplo, se deben programar las reuniones obligatorias y la disponibilidad de los comedores de manera que se minimicen los posibles conflictos con el sueño diurno del personal en servicio nocturno.

## **Sueño y rendimiento**

Dormir menos de cinco horas por día es común durante los entrenamientos y despliegues: con múltiples episodios de menos de dos horas en vez de períodos de sueño continuo. Se estima que, por cada hora de sueño perdida, la efectividad en combate se reduce entre un 15 y un 25 %, lo que deja a los soldados con solo un 15 % de efectividad al dormir cuatro horas por noche. Se ha demostrado que la reducción o privación del sueño disminuyen la efectividad en combate, como lo evidencian las disminuciones en el rendimiento cognitivo, la puntería y la aparición de síntomas musculoesqueléticos, tanto en reclutas como en combatientes entrenados. Además, las contramedidas utilizadas para estabilizar el rendimiento durante la pérdida de sueño son ineficaces después de tres días de dormir menos de seis horas por noche. Como ya se mencionó, se ha demostrado que acumular 10 horas en la cama (extensión del sueño) mejora el rendimiento durante la posterior restricción del sueño (tres horas por noche) y la subsiguiente recuperación (hasta cuatro días después). También se ha observado este efecto mediante siestas. En conjunto, los estudios sugieren que extender

el sueño antes de que se realicen las misiones podría proporcionar mejoras críticas en el tiempo de reacción y el rendimiento.

Como se describirá más adelante, la resistencia a la pérdida de sueño puede ser regulada farmacológicamente a través del consumo de cafeína (200 mg) o de drogas que promueven la vigilia, como el modafinilo (100-200 mg). La vida media de la cafeína varía entre tres y seis horas en adultos, y puede proteger contra la disminución del rendimiento durante la pérdida de sueño, aunque depende de la dosis y del momento de consumo. Se ha demostrado que los efectos potenciadores de la cafeína son ineficaces para estabilizar el rendimiento bajo una restricción crónica del sueño (menos de cinco horas por noche), que es el tipo de pérdida de sueño más común entre los miembros en servicio. Debe tenerse en cuenta que el personal militar a menudo consume cafeína en exceso, generalmente a través de bebidas energéticas, para contrarrestar las consecuencias negativas del trabajo por turnos, lo que amplifica las respuestas fisiológicas al estrés agudo. Por último, debe considerarse que la variabilidad individual en la sensibilidad a la pérdida de sueño y a los efectos potenciadores del rendimiento de la cafeína determina una mayor o menor aptitud durante los despliegues operacionales.

La inercia del sueño es el período de transición entre el sueño y la vigilia en el cual los individuos muestran disminuciones en los tiempos de reacción, y puede considerarse como una reorganización de la actividad neural y de los patrones de conectividad al despertar de los estados de sueño. Esta inercia es máxima en medio de la noche, cuando el impulso circadiano para dormir es más alto. También puede ocurrir al despertar de un sueño superficial, pero tiende a ser más prolongada y desconcertante cuando uno se despierta bruscamente de un sueño profundo. Las transiciones rápidas de estados de sueño a estados de vigilia a lo largo de la noche y por la mañana, después de una noche completa de sueño, pueden degradar el estado de alerta, lo que debe ser considerado en una planificación militar por ser un problema operacionalmente significativo, pero generalmente pasado por alto. En situaciones operacionales, los efectivos suelen ser despertados abruptamente y deben atender de inmediato los requisitos de la misión, lo que requiere altos niveles de vigilancia y toma de decisiones críticas. Para mitigar las disminuciones en el rendimiento generadas por inercia de sueño, pueden ingerir cafeína inmediatamente al des-

pertar. Además, el consumo sostenido de cafeína en dosis bajas, combinado con siestas cortas, ha demostrado ser suficiente para estabilizar el rendimiento y reducir la inercia del sueño en condiciones de privación crónica de sueño.

## **Sueño en ambientes extremos**

El entorno en el que se duerme también puede influir significativamente en la calidad del sueño. Factores como una temperatura inadecuada (ya sea demasiado fría o cálida), una humedad alta, una ventilación deficiente, ruido y luz intensos pueden interferir con el descanso. La temperatura, en particular, juega un papel clave. La exposición a temperaturas elevadas incrementa los despertares y reduce la cantidad de sueño profundo, mientras que el frío afecta negativamente la duración y eficiencia del sueño, ya que activa hormonas del estrés como el cortisol y altera las respuestas cardiovasculares. Además, la reacción del cuerpo a la altitud varía, ya que depende de varios factores, como la presión atmosférica, los niveles de oxígeno, el número de glóbulos rojos en sangre, la carga de ejercicio y el tiempo de recuperación. A mayor altitud, la recuperación física se ve reducida en gran parte debido a los efectos adversos sobre la respiración durante el sueño y la disminución de la cantidad de sueño. En este contexto, los soldados que se entrenan en condiciones extremas, como las de las montañas, deben afrontar altas demandas físicas y mentales. No obstante, aún no se comprende completamente el impacto que puede tener el descanso en ambientes fríos y hostiles sobre su rendimiento.

La capacidad de adaptación de los militares en condiciones frías es un objetivo clave para muchos ejércitos y depende de factores biológicos, psicológicos, el entrenamiento físico y la tolerancia a la temperatura. Durante un ejercicio invernal en Finlandia, se observó que la falta de sueño, tanto antes como durante las actividades, reducía la capacidad de soportar el frío y las exigencias operacionales. Aquellos que descansaban en carpas con variaciones térmicas extremas o altos niveles de dióxido de carbono mostraron un rendimiento inferior. La fragmentación y restricción del sueño, junto con el frío extremo, afectan la calidad del descanso y, por ende, el rendimiento. En una encuesta realizada a soldados de las fuer-

zas especiales del ejército de EE. UU., se descubrió que aquellos que se despertaban debido a temperaturas extremas, luz intensa o incomodidad causada por la superficie para dormir experimentaban peor calidad de sueño, mayor fatiga y menor motivación. Para mitigar estos efectos, en los despliegues militares se sugieren intervenciones que protejan la calidad del sueño, como el control de la luz y la temperatura, y se deben tener en cuenta las diferencias individuales en las necesidades de descanso. Esto podría mejorar la seguridad, motivación, cognición y rendimiento operativo. En las actividades logísticas que realizan las Fuerzas Armadas en la Antártida, los trastornos del sueño son una de las principales preocupaciones de salud. Es frecuente la dificultad para conciliar el sueño, que se manifiesta como la queja de una menor eficiencia y una calidad del sueño reducida, especialmente en invierno polar, cuando el aislamiento y confinamiento es mayor. La cantidad de horas de luz durante el invierno puede ser muy escasa (noche polar), lo que puede afectar la capacidad de sincronización de los ritmos biológicos.

## **Trastornos de sueño**

El personal militar experimenta ocasionalmente dificultades para dormir. Tales dificultades pueden deberse a la ansiedad, emoción, agotamiento físico o incomodidad, viajes a través de múltiples zonas horarias o el uso excesivo de cafeína. Generalmente, estas dificultades son situacionales y temporales, y se resuelven fácilmente con el tiempo, un cambio en la situación o buenas prácticas de higiene del sueño. Así, a medida que el ritmo operacional se desacelera y los soldados restablecen las oportunidades de sueño nocturno, los problemas de sueño tienden a resolverse. Existe además una variedad de trastornos del sueño que pueden afectar la cantidad y calidad del sueño y, en consecuencia, reducir la alerta y el rendimiento.

Al igual que en otras profesiones, en el ámbito de las fuerzas armadas, los trastornos del sueño representan una preocupación considerable por la forma en que pueden influir en su rendimiento y bienestar general. Se estima que el 51 % del personal en servicio activo de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos padece de

algún problema de sueño, lo que los convierte en una importante amenaza. Un estudio (Mysliwiec, 2013) que incluyó a militares en servicio activo y que fue remitido a un centro especializado de sueño, dentro de los 18 meses posteriores a un despliegue militar, encontró que la gran mayoría (88 %) presentaban algún tipo de trastorno del sueño. El 63 % presentaba apneas obstructivas del sueño (AOS) y el 64 %, insomnio, mientras que el 38 % presentaba comorbilidad de insomnio y AOS. En otro trabajo del mismo autor, donde se analizaron los resultados de 725 estudios de polisomnografía en un servicio de medicina del sueño, se encontró que el 27,2 % presentaba apnea obstructiva del sueño (AOS) de grado leve; el 24,7 %, insomnio; el 24 %, AOS de grado moderado o severo; el 5,1 %, insomnio paradójico; el 8,9 %, síndrome de sueño insuficiente; y el 5,3 %, roncopatía. El 41,8 % de ellos informó tener una duración de sueño corta (<5 h) y aquellos con TEPT y dolor tenían un riesgo mayor de padecer insomnio.

Cuando el personal militar experimenta problemas persistentes de sueño a pesar de tener hábitos de sueño generalmente buenos y un entorno de sueño adecuado, es necesario realizar una consulta con un profesional médico. Especialmente si presenta somnolencia diurna persistente; dificultad para conciliar o mantener su sueño, o se despierta antes de lo deseado; o si un compañero de sueño presenta ronquidos o apneas nocturnas. Naturalmente, todas las consideraciones expuestas en el primer capítulo se aplican para el personal militar. Aquí se vuelven a mencionar dichos trastornos con algunas particularidades de interés en este ámbito. La mayoría de las quejas sobre el sueño pueden manejarse bien en un entorno de atención primaria con el conocimiento adecuado sobre consideraciones diagnósticas y alternativas de manejo.

## **Insomnio**

El insomnio es un trastorno frecuente en el personal militar bajo servicio activo, especialmente en aquellos que regresan de una situación de combate. Las causas de insomnio transitorio o de corto plazo son más fáciles de identificar que las de insomnio crónico. Un miembro en servicio activo puede experimentar insomnio al inicio de un despliegue debido a cambios en su entorno de

sueño, ruido excesivo, desfase horario, trabajo en turnos, el estrés de estar separado de su familia, temperatura inadecuada en la habitación o ansiedad sobre la muerte o las lesiones durante el despliegue. Además, los trabajadores del turno nocturno tienen estadísticamente más probabilidades de tener una menor eficiencia del sueño y mayor latencia para conciliar el sueño y reportar sueño perturbado durante las horas de luz debido a ruidos fuertes en su entorno. El uso excesivo de psicoestimulantes como la cafeína o el modafinilo, prescritos para el trabajo en turnos, puede interrumpir aún más los patrones de sueño y crear un patrón de retroalimentación en el que se requiere más cafeína o medicamentos recetados para mantener la vigilancia durante el día, a pesar de las consecuencias negativas que esto tiene para conciliar el sueño esa noche. Este ciclo se puede retroalimentar por los estresores adicionales que uno soporta durante el despliegue. Las dificultades para iniciar y mantener el sueño a menudo persisten durante meses después de que el personal vuelve al hogar (Figura 13).

## PRE-ALISTAMIENTO

**1. CICLO SUEÑO / VIGILIA:** Los adolescentes y adultos jóvenes requieren 8-9 horas de sueño por noche



**2. EQUILIBRIO TRABAJO / VIDA SOCIAL**

**3. CAFEINA:** En cantidades moderadas mejora el nivel de alerta.

## DESPLIEGUE

**1. DIFICULTAD PARA DORMIR:** El insomnio agudo puede manifestarse por varios factores relacionados con el combate.

**4. CAFEINA:** Es el único estimulante aprobado sin receta y se consume en cantidades elevadas en combate



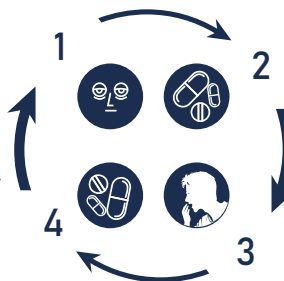
**2. HIPNÓTICOS:** Los medicamentos para dormir pueden ser recetados para tratar el insomnio.

**3. DIFICULTAD PARA MANTENER LA VIGILANCIA:** El trabajo por turnos, las operaciones nocturnas, las largas horas de servicio y los altos tiempos operacionales impactan la función física y cognitiva.

## LESIONES /TRASTORNOS CEREBRALES

**1. NO PUEDO DORMIR:**  
Insomnio.

**4. ESTIMULANTES:**  
Se requieren medicamentos estimulantes para mantener la vigilia y combatir efectos residuales de los psicofármacos.



**2. PSICOFÁRMACOS:** Se necesitan medicamentos más fuertes para dormir, para promover y mantener el sueño.

**3. NO PODER DESPERTAR O FUNCIONAR:** Los efectos residuales de los fármacos pueden limitar el rendimiento.

**Figura 13. Escenarios de sueño/vigilia.** Esta figura ilustra tres escenarios distintos relacionados con el sueño/vigilia en el contexto de un miembro de las FF. AA. Inicialmente (PRELISTAMIENTO), los aspirantes ingresan al ejército con patrones de sueño/vigilia normales que deben adaptarse rápidamente a un entorno caracterizado por un sueño restringido y fragmentado. DESPLIEGUE: Durante un despliegue, varios factores pueden desencadenar insomnio agudo, lo que puede requerir el uso de medicamentos recetados para dormir. La combinación de efectos residuales de estos medicamentos, largas horas de trabajo y horarios de sueño irregulares lleva a un aumento en el consumo de cafeína para mantener el estado de alerta. La ingesta de cafeína en un momento inapropiado puede agravar las interrupciones del sueño, lo cual crea una dependencia cíclica tanto de estimulantes como de medicamentos para dormir. POSDESPLIEGUE: Después de sufrir lesiones o ser diagnosticados con trastornos neurológicos, muchos experimentan insomnio crónico; esto conduce a la prescripción de medicamentos para dormir más potentes, lo que aumenta la dependencia de intervenciones farmacológicas para controlar el ciclo de sueño/vigilia. [Tomado de Good *et al.* (2020) *Neuropsychopharmacology*, pp. 176-191]

El insomnio frecuentemente es un síntoma de una afección psiquiátrica subyacente como un Trastorno de Estrés Post Traumático (TEPT), depresión, trastorno de ansiedad generalizada, trastorno de pánico, trastorno bipolar o dependencia de sustancias. Otras causas de insomnio del personal de las FF. AA. incluyen una percepción errónea del estado del sueño (quejas de insomnio sin evidencia objetiva); mala higiene del sueño (p. ej., uso de alcohol o estimulantes antes de dormir); despliegues a altitudes elevadas (>4.000 msnm); trastornos neurológicos (p. ej., TEC, ACV, migraña, enfermedades neurodegenerativas); o trastornos médicos de otra índole (p. ej., insuficiencia cardíaca, EPOC, úlcera péptica, reflujo gastro esofágico, dolor de cualquier causa).

Los tratamientos más efectivos a largo plazo para el insomnio crónico son aquellos no farmacológicos, como las medidas de hi-

giene del sueño y la terapia cognitivo-conductual, descritos en el capítulo anterior. A pesar de ello, el uso de fármacos para dormir por parte del personal militar es muy alto, posiblemente por su rápida respuesta. En 2018, casi la mitad del personal militar activo del ejército de EE. UU. (>100.000 miembros) recibieron recetas de zolpidem o eszopiclona. Los fármacos para dormir (hipnóticos o sedante), generalmente, se dirigen a vías inhibitorias a través de la señalización GABA, lo que resulta en una reducción del rendimiento neurocomportamental en el corto y largo plazo (atención y tiempo de reacción) que puede manifestarse de forma dosis-dependiente. En la Tabla 2 del capítulo 1, se muestra una lista de medicamentos para el control del ciclo de sueño/vigilia de uso habitual.

Debido a los frecuentes efectos secundarios residuales e inhibitorios del sistema nervioso, con el aumento de la inercia del sueño con estos fármacos, el personal militar debe tener un alto nivel de responsabilidad individual en su uso. Muchas misiones requieren un servicio “de guardia” de 24 horas, por lo que, si un sujeto ha utilizado un medicamento para dormir la noche anterior a una misión planificada para la madrugada o una misión no planificada después de despertarse a medianoche, probablemente tendrá un rendimiento reducido y comprometerá la seguridad de la unidad. Por lo tanto, se suele recomendar que un soldado tenga al menos ocho horas de tiempo libre después de tomar un medicamento hipnótico recetado, aunque no se conoce qué tan efectivamente se cumple con esta recomendación.

Hasta la fecha, uno de los estudios más completos en personal militar sobre cantidad y continuidad del sueño, comorbilidades médicas, trastornos del sueño y salud fisiológica y psicológica proviene del Estudio de Cohorte del Milenio (MCS, por sus siglas en inglés) del Departamento de Defensa de EE. UU. El MCS encontró una relación entre comorbilidad de síntomas de insomnio con una menor salud autoreportada, más días de trabajo perdidos, menor capacidad de ser convocado para un despliegue, mayores probabilidades de baja temprana del servicio y mayor utilización de atención médica. Esta afectación fue mayor en los sujetos con duración de sueño disminuida (<6 horas por noche) y aumentada (>8 horas por noche). La duración del sueño y los síntomas de insomnio antes de un despliegue fueron factores de riesgo para nuevos trastornos de salud mental después de su ejecución.

## **Apneas obstructivas del sueño**

La prevalencia del SAHOS en la población militar activa es similar a la encontrada en poblaciones civiles. Sin embargo, existen algunas diferencias: el personal de las FF. AA. diagnosticado con SAHOS es más joven (<35 años en comparación con >40 años), tienen un Índice de Masa Corporal (IMC) más bajo (<28 en comparación con >30) y son más activos físicamente que sus contrapartes civiles. La edad, el IMC y la actividad física son tres predictores claves del riesgo de SAOS en general. Más del 30 % del personal que presenta una alteración del sueño tiene insomnio comórbido con SAHOS. Lo que más preocupa en el personal militar es el alto grado de comorbilidad con insomnio y la asociación con otros trastornos de la salud física (dolor crónico) y psicológica (ansiedad y depresión), especialmente en mujeres. Recordemos aquí que el tratamiento se basa en medidas de reducción de peso y uso de CPAP, con algunos casos de resolución quirúrgica. Una evaluación de sueño en 100 mujeres militares en servicio activo (Capener, 2018) evidenció que el 37 % sufría de insomnio y el 15 % de SAHOS, pero el 35 % tenía insomnio más AOS, y presentaban además dolor (59 %), ansiedad (49 %), depresión (47 %) y estrés postraumático (22 %).

## **Sueño insuficiente**

La duración del sueño nocturno para los miembros de las fuerzas armadas es reducida en comparación con sus contrapartes civiles. Se estima que más del 60 % del personal militar de los EE. UU. duerme menos de seis horas por noche, especialmente aquellos que se encuentran en despliegues o han estado previamente en estos. Haber sido herido o lesionado durante el combate también resulta un fuerte predictor de dormir menos de cinco horas por noche después de la lesión. A nivel operacional, el SSI reduce la capacidad restauradora del sueño, requerida para las tareas de alta exigencia física y mental inherentes a las operaciones militares. Incluso, aquellos que han sido desplegados anteriormente o que están desplegados actualmente suelen reportar que duermen menos de cinco horas por noche. Hay varios factores que contribuyen a la falta de sueño suficiente en el ejército, que incluyen las

operaciones de combate, el trabajo por turnos y la comorbilidad de trastornos psiquiátricos en los miembros del servicio.

## **Trastornos del ritmo circadiano**

### **Retraso de fase circadiana**

Para los adolescentes y adultos jóvenes, la necesidad de sueño es de aproximadamente siete a nueve horas por noche. Además, al inicio de la adolescencia, la hora de inicio del sueño se desplaza hacia horas más tardías (cronotipo tardío o “búho”) y se mantiene así hasta la edad adulta. Si bien los factores culturales tienen su peso en este último fenómeno (uso de pantallas o redes sociales), esencialmente su origen es biológico (retraso de fase circadiana). La adolescencia coincide con el grupo de edad que típicamente se alista en las FF. AA., entre los 17 y 20 años, después de la escuela secundaria. A esa edad, los ciclos de sueño/vigilia aún están en transición hacia los patrones adultos. Esto se contrapone con la clásica rutina de horarios de la vida militar al que se someten estos adolescentes, donde es común dormir menos de seis horas por noche y levantarse antes de las 06:00 h. Desafortunadamente, el sueño insuficiente de menos de seis horas por noche puede ser crónico durante su formación militar y es generalizado incluso en las escuelas militares de élite (Good, 2020). Se ha reportado que la alineación de los horarios de sueño en reclutas del ejército estadounidense durante el entrenamiento básico y con el cronotipo natural de los adolescentes se traduce en reducciones en las alteraciones del estado de ánimo, mejoras en la puntería y menos fatiga, así como mejoras generales en los puntajes de calidad del sueño. Se hipotetiza que estas mejoras tempranas en la higiene del sueño, en un momento en que los patrones de sueño de la mayoría de los reclutas aún se están desarrollando, podrían contribuir a una mayor resiliencia frente a futuras alteraciones circadianas/sueño o enfermedades mentales.

## **Operaciones continuas y trabajo en turnos**

El personal de la Defensa Nacional con mayor riesgo incluye a quienes realizan tareas 24/7 (24 horas, 7 días a la semana), como puede ocurrir bajo entrenamientos militares, en servicios de transporte y conducción de vehículos, en guardias de seguridad de unidades militares, en las misiones de paz bajo el mandato de las Naciones Unidas, durante la noche polar en las dotaciones de bases antárticas, en esquemas de trabajo en turnos de fabricaciones militares y en esquemas de guardias rotativas en personal de sanidad. La prevalencia del trastorno de sueño por trabajo en turnos dentro del personal de las fuerzas armadas no desplegadas en combate se estima similar a la del personal no militar. Se estima que hasta un 20 % de los trabajadores realizan trabajo en turnos y que el 10 % de ellos pueden presentar un trastorno de sueño por este esquema de trabajo. La Real Fuerza Aérea Canadiense reportó que el 26 % de sus miembros trabajaba en rotativos y menos del 1 %, en turnos nocturnos fijos.

El trabajo en turnos durante periodos prolongados en el personal militar puede tener consecuencias similares a las observadas en la población civil e incluyen la reducción de la fuerza muscular, aumento de lesiones musculoesqueléticas, elevación de los marcadores de inflamación, aumento del índice de masa corporal, diabetes tipo II, mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurocognitivas, incremento del riesgo de ciertos tipos de cáncer, así como mayor prevalencia de ansiedad y depresión.

Muchas otras actividades militares implican operaciones por más de 24 horas, con horarios de trabajo impredecibles y bajo un constante cambio. Esto puede comprometer la seguridad del personal desplegado como resultado del trabajo nocturno prolongado y la falta crónica de sueño, que aumenta las posibilidades de cometer errores. Fuera de las operaciones de combate, también es muy común que el personal participe en ejercicios de entrenamiento de varios días y duerman menos de cinco horas por noche. Por lo tanto, en las operaciones militares continuas se aumenta el riesgo por las decisiones incorrectas tomadas por sujetos privados de sueño que trabajan en entornos altamente estresantes, en muchas regiones geográficas y dominios del campo de batalla (es decir, tierra, mar y aire) con sistemas de armas y datos cada vez más avanzados que requieren un alto grado de procesamiento cogni-

tivo. Dada la necesidad de completar tareas física y mentalmente exigentes de manera constante durante la ejecución de la misión, la incapacidad de rendir y recuperarse debido a no lograr un sueño reparador aumenta la probabilidad de fracaso de una misión.

La información proveniente del personal y de las operaciones militares en relación con los trastornos de sueño por trabajo en turnos es limitada, en parte, debido a los entornos cambiantes propios de esta actividad. Una población militar que es más propicia para estudios sobre el trabajo por turnos es la Armada, donde el personal es desplegado en buques durante días o semanas y tiene actividades de guardia mejor definidas mientras está en el mar. Si bien los esquemas de guardia son diversos, existe una preferencia por el esquema de guardia de tres horas de trabajo y nueve horas de descanso, ya que reportan menos somnolencia diurna, mejor estado de ánimo y tiempos de reacción más rápidos con menos errores. Sin embargo, estos resultados pueden no ser generalizables a todas las secciones de un buque. Por ejemplo, la calidad de sueño puede variar entre los individuos debido a la cercanía de lugares ruidosos (como las salas de máquinas) o de distinta iluminación (como la sala de control interior versus la cubierta exterior). En el personal de aviación del ejército de EE.UU. que operaba con un ciclo de sueño invertido, se informó que no se lograba un descanso diurno adecuado durante ese horario, lo que podría conducir a errores de pilotaje.

Un programa integral de turnos de trabajo/descanso debe incluir a todo el personal, equipo y políticas relacionados con el logro de la misión y la seguridad. Es importante destacar que no existe un horario único para todos y que ningún enfoque de programación puede eliminar todos los problemas asociados con el trabajo por turnos. Los principales factores para determinar el descanso adecuado son los recursos disponibles, el horario deseado, el periodo total de servicio, la cantidad de sueño antes de comenzar las actividades diarias, los efectos del ritmo circadiano, el historial reciente de trabajo/descanso/sueño (horas trabajadas en el mes actual, número y tipo de deberes adicionales, complejidad de la misión, tipos de trabajo realizado), el estado de ánimo y el tiempo libre planificado. Otras consideraciones pueden incluir condiciones ambientales (por ejemplo, temperaturas extremas, ruido y vibración, equipo personal restrictivo y adecuación de las instalaciones de descanso).

El cambio de turnos diurnos a vespertinos o nocturnos siempre provoca cierto grado de pérdida de sueño y fatiga durante los primeros días de transición, aunque no requiere un ajuste rápido del reloj biológico. El turno nocturno que finaliza cerca del amanecer presenta el mayor desafío para el reloj biológico y se asocia con una mayor disrupción circadiana debido a las dificultades para controlar la exposición a la luz y la tendencia a mantener un horario diurno en los días libres. Se requieren aproximadamente dos semanas de trabajo nocturno continuo para ajustar el reloj biológico. En general, un único periodo de trabajo nocturno es más tolerable que tres o cuatro noches consecutivas. El regreso a horarios diurnos tras varios días o semanas de turnos nocturnos o matutinos tempranos da como resultado una significativa disrupción circadiana. Se necesita de al menos tres días a una semana para sincronizarse nuevamente de un horario nocturno a uno diurno. Por lo tanto, desde el comienzo del cambio de horario de trabajo se debe controlar la duración del periodo de servicio e implementar supervisión y pausas de descanso adecuadas.

## **Recomendaciones**

Estas recomendaciones son similares y complementan a las descritas en el capítulo 1.

### **Durante el turno**

- Utilizar luces suficientemente brillantes en el ambiente de trabajo durante el turno nocturno para resincronizar el sistema de tiempo circadiano al horario nocturno.
- Consumir 100 mg de cafeína (1 taza de café) antes de comenzar el turno para mantener el estado de alerta.
- Considerar tomar una siesta energética en el momento de menor alerta circadiana (de 02:00 a 04:00 de la madrugada).

## **En el hogar**

- Usar anteojos oscuros para reducir la exposición a la luz solar temprano en la mañana.
- Considerar la administración de melatonina en dosis de 3 mg.
- Consumir comidas ligeras antes de acostarse.
- Mantener casi completa oscuridad en las habitaciones de descanso durante el día.
- Reducir el ruido ambiental durante el día al mínimo.
- Programar la comida más importante entre las 13:00 y las 20:00 h.
- Al despertar, realizar actividades al aire libre tanto como sea posible.
- Seguir un horario constante de sueño y comidas día a día, incluso durante los días libres.

## **Para el diseño de los turnos**

- Cabe señalar que el plan de rotación de turnos es un tema controvertido. Evitar rotaciones de turno frecuentes y permitir que los turnos continúen durante al menos dos a tres semanas. Se inclina hacia una rotación lenta o nula, ya que se cree que permitiría a los trabajadores tiempo para aclimatarse a un turno determinado. Si el cambio de turno es solo por uno a tres días, cambiar el ciclo de sueño puede desfasar innecesariamente el reloj biológico.
- Dormir ocho horas después de un turno nocturno durante el día puede alterar el patrón circadiano normal, el cual es ventajoso mantener. Se debe intentar que las personas mantengan su ciclo circadiano habitual. Esto se puede facilitar con una siesta corta inmediatamente después del turno nocturno y otra justo antes del turno siguiente.
- Mantener una duración máxima de turno de ocho horas, sin

incluir los descansos para comer, con la excepción de un máximo de 12 horas para operaciones de alta demanda. Son útiles las duraciones de turnos de 4, 6, 8 o 12 horas.

- Todos los trabajadores deben recibir asignaciones de turnos y fines de semana de manera equitativa.
- Establecer el número relativo de períodos de trabajo y de descanso. Por ejemplo, una semana laboral de 40 horas puede organizarse como 5 días de trabajo (T) / 2 días libres (L), 10T/4L, 15T/6L o 5 turnos de noche/2 libres.
- La rotación de turnos debe ser hacia adelante en el reloj: de día (D) a tarde (T) a noche (N) (la rotación hacia atrás dificulta la sincronización del reloj biológico). El turno de noche siempre debe preceder a los días libres (esto se basa en la idea de que la recuperación del trabajo nocturno debe ocurrir durante los días libres en lugar de los días laborales).
- Un cambio de turno de trabajo ubicado después del amanecer maximizará la calidad del descanso para el turno diurno.
- Siempre que sea posible y con la consideración de los requisitos operacionales, el plan de rotación de turnos debe permitir dos o más días libres consecutivos. El número de días de trabajo debe limitarse a seis o menos días consecutivos. El plan debe permitir el mayor número posible de fines de semana libres al mes.
- Considerar la utilización de un *software* de gestión de fatiga para poder predecirla y, de esta manera, ayudar en la planificación y programación operativa.

Se debe tener en cuenta que, aun teniendo el mismo esquema de turnos, una persona puede dormir más que otra y, aun habiendo dormido lo mismo, distintas personas pueden estar más o menos fatigadas. Así, se debe estimar el riesgo de fatiga: se deben tener en cuenta estos factores y se tiene que implementar una supervisión acorde de ser necesario. Una planificación adecuada se logra a través del uso de los Sistemas de Gestión de Riesgo de Fatiga (FRMS, por sus siglas en inglés), cuyas características se describieron en el capítulo anterior.

## **Jet lag**

Como se describió en el primer capítulo, al volar a una nueva zona horaria, el reloj circadiano no puede ajustarse de inmediato. Esto requiere cierto tiempo y depende de la magnitud del cambio. Se deben considerar cuidadosamente la dirección del viaje, el número de zonas horarias cruzadas, el tiempo de trabajo, la duración del viaje y las diferencias individuales en la adaptación. Después de un vuelo transmeridiano, no solo el reloj circadiano está desincronizado con la zona horaria local, sino que también diferentes funciones fisiológicas (secreciones hormonales, temperatura basal y presión arterial) están desincronizadas entre sí. La indicación habitual típica es proporcionar un período de recuperación conservador de 24 horas por cada zona horaria atravesada. Por ejemplo, tras un viaje hacia el este o el oeste durante el cual se cruzan cuatro o más zonas horarias, la readaptación puede llevar cuatro días o más. La cantidad de tiempo necesaria para la readaptación depende de si se implementan o no estrategias de afrontamiento efectivas antes, durante y después del viaje. Los horarios inconsistentes de sueño/vigilia y la exposición a la luz del día retrasan la adaptación del reloj biológico a la zona horaria de destino. El cerebro reloj puede adaptarse más fácilmente en los viajes hacia el oeste, donde el día se "extiende", al quedarse hasta tarde en la noche y dormir más tiempo por la mañana. Mientras que es más difícil cuando el viaje es hacia el este, donde el día se "acorta" y se debe ir a la cama más temprano y levantarse más temprano. Por la misma razón, es más fácil adaptarse a un horario de turnos rotativos hacia adelante (pasar del turno diurno al turno vespertino al turno anoche) que a un turno rotativo hacia atrás (pasar del turno noche al turno vespertino al turno diurno).

El personal militar puede ser desplegado por vía aérea en escenarios distantes y necesitan adaptarse rápidamente a la nueva zona horaria para lograr mantener las condiciones psicofísicas adecuadas y lograr así un desempeño óptimo. Además, es posible que no dispongan del tiempo necesario para adaptarse, como suele ocurrir en el caso de los viajeros de negocios o los pilotos de aerolíneas.

## Recomendaciones

Estas recomendaciones son similares y complementan a las descritas en el capítulo 1.

### Antes del viaje:

- Para facilitar la transición a un nuevo ciclo sueño/vigilia, unos días antes del viaje se puede ajustar el sueño a la hora del futuro destino. En viajes hacia el este, intentar que el sueño comience una hora más temprano por día; mientras que, en viajes hacia el oeste, retrasar la hora de acostarse, pero sin reducir el tiempo de sueño.
- El número de días dedicados a la adaptación dependerán del número de zonas horarias a cruzar y la cantidad de días disponibles. El máximo cambio podrá ser de una hora por día.
- En viajes hacia el este, utilizar luz artificial brillante (> 2500 lux) durante dos horas y entre las primeras horas de la mañana (04:00 a 07:00 h); se debe comenzar tres días antes de la salida. Mientras que, en viajes hacia el oeste, se debe buscar la exposición a la luz durante el atardecer.
- Una semana antes del viaje, puede ser útil reducir el consumo diario de cafeína a no más de dos tazas de café para intentar mejorar los efectos de la cafeína durante el despliegue.
- Si se hace un viaje hacia el este y al llegar al destino se realizan trabajos en turno nocturno, el reloj biológico podría no requerir ningún cambio, ya que los horarios reales de sueño tienden a permanecer en la zona horaria de origen; pero si el viaje es hacia el oeste, se sugiere intentar comenzar el sueño una hora más temprana.
- Estas indicaciones no deben afectar la recomendación más importante, la cual es generar un "banco de sueño": dos semanas antes de viajar, hay que incrementar el tiempo de sueño con ocho o más horas de sueño por noche.

### **Durante el viaje:**

- Los vuelos transcontinentales hacia el este suelen estar programados para salir de noche y se facilita el sueño durante el vuelo, mientras que los vuelos hacia el oeste suelen estar programados por la mañana y se hace más difícil conciliar el sueño.
- Evitar la ingesta de cafeína seis horas antes del despegue.
- Para mejorar el sueño, es conveniente comer antes de embarcar o inmediatamente después del despegue.
- Evitar alcohol antes o durante el vuelo, ya que afecta la calidad del sueño.
- Minimizar los efectos del ruido, la luz y la temperatura de la cabina mediante tapones auditivos, antifaz y manta para dormir.

### **Después del viaje:**

- Programar reuniones durante las horas de mayor vigilia y evitar las reuniones durante el ciclo habitual de sueño; en viajes hacia el este, esto significa programar reuniones para que se realicen al final de la tarde o en la noche de la nueva hora local.
- Considerar 200 miligramos de cafeína antes de reuniones críticas para mejorar el estado de alerta y evitarla seis horas antes de un período de sueño programado.
- Dormir una siesta al llegar, mejoran el estado de alerta y el rendimiento.
- Evitar el alcohol, agrava la somnolencia y altera el sueño.
- Considerar medicamentos para dormir solo si están bajo supervisión médica.
- Se puede utilizar melatonina según las indicaciones de la Tabla 3 del capítulo 1.

- La exposición a la luz puede aumentar el estado de alerta durante el día y afectar el sueño al atardecer.
- Usar filtro de luz azul en las pantallas durante las horas de oscuridad, para facilitar el sueño nocturno.
- Tener en cuenta las horas de salida y puesta del sol para determinar la hora de dormir; en general, es conveniente ir a la cama cuando se pone el sol y mantenerse activo cuando sale el sol, ya que se debe intentar conseguir entre siete y ocho horas de sueño cada 24 horas.

## **Estrés postraumático**

El trastorno de estrés postraumático (TEPT) afecta entre el 11 % y el 30 % de los veteranos de EE. UU. La falta de sueño es el principal factor predictor del TEPT, ya que los soldados que duermen menos tienen una mayor probabilidad de desarrollarlo. El insomnio suele presentarse junto con el TEPT y las pesadillas son otro síntoma frecuente. Al menos el 90 % de los veteranos de Vietnam con TEPT también padecen insomnio. Entre los veteranos de las guerras de Afganistán e Irak, el 92 % de aquellos con TEPT sufre insomnio, en comparación con el 28 % de quienes no tienen este trastorno. Para muchos miembros de las fuerzas armadas, los problemas de sueño persisten incluso después de finalizar su servicio. Al regresar a casa, enfrentan el desafío de deshacerse de los malos hábitos de sueño adquiridos, adoptar nuevas rutinas y reajustar sus ritmos circadianos a un horario más regular. Además, pueden sufrir lesiones o enfermedades derivadas del combate que agravan aún más las alteraciones del sueño.

Los problemas de sueño, especialmente el insomnio crónico y las pesadillas, son síntomas comunes del TEPT en veteranos, pero pueden volverse trastornos independientes con el tiempo. El insomnio es frecuente en quienes han experimentado traumas y su persistencia dificulta la recuperación incluso tras tratamientos efectivos para el TEPT. El tratamiento del insomnio incluye la terapia cognitivo-conductual y algunas opciones farmacológicas por un corto plazo. Aunque existen medicamentos para tratar los trastornos del sueño, su uso prolongado puede generar efectos

adversos y su eficacia en veteranos con TEPT sigue siendo incierta. Hay pocos ensayos clínicos que examinen la eficacia y seguridad de medicamentos para tratar estos síntomas; en general, las benzodiazepinas no se recomiendan para el tratamiento del TEPT. Las pesadillas pueden tratarse con métodos no farmacológicos, como la terapia EMDR (Desensibilización y Reprocesamiento a través de los Movimientos Oculares), aunque su eficacia en veteranos es limitada. La prazosina es un medicamento clásicamente utilizado para tratar pesadillas, pero no se comercializa en Argentina y no ha mostrado beneficios consistentes en estudios recientes. La apnea obstructiva del sueño, frecuente en veteranos con TEPT, puede agravar los síntomas del trastorno, por lo que el uso de dispositivos CPAP ha demostrado mejorar tanto el sueño como los síntomas de TEPT en estos pacientes.

## **Intervenciones para mejorar el sueño y mejorar el rendimiento**

Con la finalidad de mantener o mejorar el rendimiento del personal militar y limitar los efectos de la privación de sueño en aquellos que operan en conflictos armados, han surgido una serie de intervenciones. Estos métodos se pueden utilizar de manera individual o en combinación con otras intervenciones según sea necesario. Algunos fueron citados en el capítulo 1; no obstante, a continuación, nos centraremos en su uso en el ámbito militar.

### **No farmacológicas**

#### **Higiene del sueño**

La higiene del sueño se refiere a las prácticas de salud, comportamiento y factores ambientales que influyen en la calidad del sueño. La recomendación principal es obtener un sueño adecuado antes del período de trabajo, complementado con ejercicio regular y una nutrición adecuada. La higiene del sueño promueve un sueño de calidad que resulta reparador; en contraste, las malas prácticas

aumentan la probabilidad de un sueño de baja calidad, que puede llevar a un mal rendimiento diurno. Siempre que sea posible, se debe obtener una cantidad suficiente de sueño de calidad en forma regular y diaria. La calidad mejora con condiciones ambientales favorables, algo difícil de lograr durante operaciones militares, por lo que debe abordarse desde la fase inicial de planificación. Algunas de las recomendaciones expuestas aquí ya fueron mencionadas como intervenciones para tratar el insomnio en el capítulo 1, pero vale recordarlas.

## Recomendaciones

- Evitar la restricción intencional del sueño y optimizar las oportunidades de sueño disponibles. Asegurarse de dormir lo suficiente cada día. Si se siente somnolencia durante el día o al realizar actividades, evaluar la cantidad de sueño cada noche y ajustarla según sea necesario.
- Mantener horarios constantes para despertarse y acostarse todos los días, incluidos los fines de semana.
- No tomar siestas prolongadas (de más de 40 minutos) en un día de rutina (cuando se dispone de ocho horas de sueño en un buen entorno). Evitarlas luego de las 16:00 h para no afectar al sueño nocturno.
- Mantener una rutina constante de preparación para el sueño siempre que sea posible.
- Asociar el entorno con el sueño, es decir, usar la cama y el dormitorio solo para dormir y no para ver televisión, trabajar, etc.
- Asegurarse de tener un entorno de sueño tranquilo y cómodo; y, siempre que sea posible, dormir en completa oscuridad y evitar la exposición a la luz solar durante el período de sueño. Las mejores habitaciones para dormir son individuales, silenciosas, oscuras y mantienen una temperatura cómoda. Las máscaras de ojos y los tapones para los oídos son soluciones simples para reducir la luz y el ruido. Reducir la luz solar en todas las áreas de descanso (incluyendo

los baños). Los dormitorios deben aislar al personal de turno nocturno del ruido de los turnos diurnos. Cuando sea posible, aquellos en alojamientos compartidos deberían tener turnos comunes para minimizar las interrupciones.

- Al dormir fuera del período de sueño habitual (durante el día) o en un lugar diferente, prepararse como si fuera el período de sueño normal: usar ropa de dormir, oscurecer la habitación, minimizar el ruido o usar un generador de ruido blanco (como un ventilador).
- Llevar adelante una rutina de ejercicio, realizar actividad física leve durante una hora o ejercicio aeróbico, ya que este mejora la calidad del sueño, siempre y cuando no se realice dentro de las tres a cuatro horas antes de acostarse. El ejercicio intenso inmediatamente antes de acostarse puede interferir con el sueño al producir una respuesta fisiológica al estrés.
- No consumir cafeína dentro de las cuatro horas previas a dormir.
- No consumir alcohol antes de dormir. Aunque inicialmente puede ayudar a conciliar el sueño, posteriormente resulta en un sueño más ligero, fraccionado y de peor calidad. La abstinencia es la mejor estrategia.
- Evitar comidas abundantes antes de dormir (dos horas antes para facilitar la digestión); de ser posible, optar por cenas ligeras, con lácteos y cereales.
- No fumar o evitarlo inmediatamente antes de dormir (la nicotina es un estimulante y puede causar problemas respiratorios).
- Si no se logra conciliar el sueño en 30 minutos, no permanecer despierto en la cama. En su lugar, levantarse para evitar la asociación de vigilia y ansiedad con el dormir en la cama. Permanecer despierto varios minutos y luego intentarlo nuevamente. Repetir esta medida si es necesario hasta que la fatiga prevalezca.
- Después de 24 a 48 horas de privación de sueño, no dormir en exceso durante el período de recuperación (no más de

10 horas). Dormir demasiado puede interferir con el horario normal y causar inercia del sueño y letargo durante el día. El período de sueño normal para un individuo suele ser suficiente para recuperarse de 24 horas de privación de sueño. Las limitaciones de esta contramedida para la fatiga tienden a estar fuera del control del individuo, como el inicio del turno, la rotación del horario de trabajo, el desfase horario y los entornos de sueño.

## **Siestas**

Las siestas cortas (menos de media hora) permiten restaurar la vigilia y mejorar el rendimiento. Cuando el tiempo de sueño disponible de forma rutinaria es difícil de predecir o está restringido (seis horas de sueño o menos por noche), los sujetos pueden tomarse siestas de mayor duración. Las siestas estratégicas o sueños breves son una de las medidas contra la fatiga menos aprovechadas, aunque no eliminan totalmente los efectos de la privación de sueño. Estas implican dormir por un breve periodo durante el trabajo o en otros momentos de la vigilia, y ayudan a mejorar el estado de alerta de manera directa, ya que abordan la causa en lugar de los síntomas, por lo que la fatiga se reduce de manera directa. Se ha demostrado que las siestas mejoran el rendimiento en comparación con la vigilia prolongada sin siestas. Una siesta disminuye la duración de la vigilia continua antes y durante un periodo de trabajo, y es especialmente útil antes de una jornada nocturna, cuando el ciclo circadiano se encuentra en su punto más bajo. Las siestas combinadas con dosis apropiadas de cafeína pueden ayudar a mantener el rendimiento cognitivo y el estado de alerta.

Si el ritmo de las operaciones y la disponibilidad de personal lo permiten, las siestas pueden usarse para mantener el rendimiento en operaciones continuas. Por ejemplo, en la aviación comercial, se permite que las tripulaciones duerman durante vuelos largos, ya que el descanso controlado en la cabina ha demostrado ser una medida efectiva, aunque no es una solución completa para la pérdida de sueño y la disrupción circadiana provocadas por vuelos de largo alcance. Se debe recordar que, si la siesta es prolongada, se puede despertar de un sueño profundo, especialmente tras un

periodo prolongado de privación de sueño, que puede causar una sensación de aturdimiento y desorientación, conocida como inercia del sueño, que puede durar 20 minutos o más, por lo que se recomienda un tiempo de espera prudencial tras una siesta antes de realizar actividades que demanden esfuerzo mental o físico. La efectividad de una siesta para mejorar el rendimiento depende de factores como el momento, su duración, la calidad del sueño previo, el hábito de dormir siesta y la ya mencionada inercia del sueño.

## Recomendaciones

- Las siestas no deben sustituir el sueño adecuado, que se realiza durante el periodo de descanso habitual y preferentemente nocturno.
- Las siestas estratégicas deben diseñarse para lograr un descanso adecuado y acortar la inercia del sueño. Se deben tomar siestas antes de experimentar una pérdida significativa de sueño.
- La literatura actual sugiere que las siestas de menos de 40 minutos resultan más efectivas. Las siestas cortas “energéticas” generalmente proporcionan de dos a cuatro horas de vigilia útil y pueden utilizarse durante dos a tres días antes de que se haya acumulado una gran deuda de sueño.
- Las siestas no eliminan completamente el descenso circadiano en el ritmo de alerta que se da alrededor de las 5:00 a. m., pero se cree que atenúan su degradación. Por otro lado, es más fácil y eficiente dormir cuando la temperatura corporal está en su punto bajo (alrededor de las 3:00 a. m. o 1:00 p. m.).
- Si se usan medicamentos para inducir el sueño en una siesta, deben elegirse aquellos que eviten el residuo del fármaco luego de esta. Los medicamentos con vidas medias cortas son los mejores para iniciar y mantener el sueño en las siestas (por ejemplo, el zolpidem tiene una vida media de 2,5 horas).

Algunos horarios laborales pueden dificultar que una persona

duerma ocho horas completas en el mismo periodo cada día. Para afrontar de forma eficaz estos horarios, se puede recurrir a un periodo de sueño regular de al menos cuatro horas de duración, obtenido siempre a la misma hora cada día, como complemento del sueño principal. Se debe dormir adicionalmente cuando el horario lo permita. Este periodo de sueño ayuda a estabilizar el ritmo circadiano en un ciclo de 24 horas, lo que permite niveles ventajosos de vigilia durante cuatro a diez horas. Si es posible, debe programarse de manera que los puntos altos y bajos del ritmo circadiano de la persona coincidan con los periodos de trabajo y descanso. Al programarlo, debe considerarse el consumo de cafeína, mientras que el sueño adicional debe realizarse lejos de este periodo. Las comidas deben realizarse en los horarios habituales. No debe usarse como sustituto del sueño adecuado (es decir, siete a ocho horas) durante cualquier periodo de 24 horas.

Además de variar en función de la pérdida de sueño y el ritmo circadiano de alerta, el rendimiento también varía según el tiempo dedicado a la tarea. La tendencia del rendimiento a declinar con el tiempo en una tarea realizada de manera continua es especialmente evidente en tareas que requieren mucha atención o carga cognitiva, y se revierte con un descanso. Los efectos del tiempo dedicado a la tarea se agravan por la somnolencia. Por lo tanto, cuando los sujetos realizan tales tareas en condiciones de privación de sueño o durante la fase descendente del ritmo circadiano de alerta, se espera que el personal necesite pausas de descanso más frecuentes o más largas. No obstante, aunque las pausas de descanso revierten esa parte del déficit de rendimiento causado por el tiempo dedicado a la tarea, estas no revierten los déficits asociados a la somnolencia *per se* (a menos que, por supuesto, los soldados consigan dormir durante la pausa). Los efectos de la pérdida de sueño y los efectos del tiempo dedicado a la tarea afectan el rendimiento de manera interactiva, pero requieren intervenciones diferentes.

## Entorno de sueño

Los entornos operacionales varían ampliamente, pero la mayoría de las áreas de sueño se pueden mejorar con las siguientes

recomendaciones:

**Ruido ambiental.** Las áreas para dormir deben estar ubicadas lo más lejos posible de zonas ruidosas (como aeródromos, generadores y estaciones de combustible). Los efectos de ruidos intermitentes incontrolables pueden enmascarse con un generador de ruido blanco. El personal puede usar tapones para los oídos para bloquear eficazmente el ruido y mejorar el sueño.

**Comodidad física.** La temperatura de la habitación debe ser fresca, idealmente, y la más confortable, alrededor de los 20 °C. Las sábanas, la cama, las almohadas, las superficies para dormir (como colchones y catres) y la ropa de dormir deben ser limpias y cómodas.

**Luz.** Por lo general, los seres humanos no son de hábitos nocturnos. El reloj interno del cerebro es muy sensible a la luz y cualquier cantidad que llegue al cerebro a través de los ojos por la noche puede ser perjudicial para el sueño. Incluso luces tenues emitidas por dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, computadoras o televisores pueden tener un impacto negativo. Esta luz desincroniza el reloj interno del cerebro, que puede malinterpretar tales exposiciones como un amanecer temprano o un anochecer tardío. En cualquier caso, tales exposiciones debilitan progresivamente el ritmo circadiano de alerta del cerebro, ya que afectan negativamente tanto el sueño nocturno como la alerta diurna. Por lo tanto, las áreas de sueño deben mantenerse oscuras y, en caso de ser necesaria alguna iluminación por seguridad, las de color rojo son las que menos afectan al sistema circadiano. Las cortinas o persianas opacas deben cubrir todas las ventanas. Los jefes deben hacer cumplir estrictamente las órdenes de apagado de luces. Para mejorar la capacidad de los subordinados de evitar la exposición no deseada a la luz y facilitar el sueño, los jefes deben crear áreas de sueño separadas para cada turno y fomentar, de ser necesario, el uso de máscaras de sueño cómodas.

**Seguridad.** Los entornos operativos o de entrenamiento deben ser seguros y protegidos para que los soldados duerman. Esto también se aplica a las áreas donde los soldados toman siestas. Se debe asegurar de que los soldados no intenten dormir frente a, detrás de, o debajo de vehículos. Los sujetos deben evitar y protegerse de plagas (por ejemplo, usar mosquiteros cuando sea apro-

piado). Antes de dormir, deben verificar que no haya serpientes, arañas, hormigas u otros animales en el área de sueño, en el saco de dormir o en el calzado.

## **Luz**

La exposición a luz intensa durante periodos cortos puede acelerar la adaptación en las misiones nocturnas, ya que ayuda a cambiar de fase el ciclo sueño/vigilia y aumenta el estado de alerta; de esta manera, se maximiza el rendimiento y se reduce el riesgo de lesiones.

Los estudios de laboratorio han demostrado que la luz brillante facilita la adaptación circadiana. La luz brillante (> 2500 lux) suprime la secreción de melatonina y parece tener un efecto independiente de incremento del nivel de alerta. Las contramedidas contra la fatiga que utilizan luz brillante implican programar una exposición a luz exterior o luz interior brillante para desplazar el ritmo circadiano hacia una nueva zona horaria o un nuevo horario de trabajo. También puede usarse para aumentar la alerta en momentos en que el ritmo circadiano, de otro modo, estaría en un punto bajo y la persona se sentiría somnolienta (por ejemplo, en medio de un turno nocturno). Usar esta exposición a la luz durante varias horas a lo largo de varios días suele ser lo más efectivo para desplazar el ritmo circadiano, pero se requiere un equipo especial para generar este nivel de iluminación, que va más allá de lo que se obtiene de las luces interiores.

Los beneficios de restablecer el ritmo circadiano a través de la exposición a la luz solo pueden mantenerse mediante una estricta adherencia al procedimiento y se deben minimizar otras señales temporales (por ejemplo, luz del día, actividades sociales). Por ejemplo, algunos entornos de trabajo, como las cabinas de los aviones, requieren niveles de luz bajos. Además, el uso de niveles de iluminación interior para aumentar el estado de alerta puede no ser factible en algunos entornos de trabajo donde se requiere visión nocturna.

El uso de luz brillante como contramedida contra la fatiga debe ser guiado por un médico especialista. Por ejemplo, para desplazar el ritmo circadiano, una persona necesita determinar si es neces-

rio un avance del ritmo (desplazar el ritmo de manera que el punto bajo del ciclo diario ocurra antes; en este caso, la persona deberá exponerse a la luz por la mañana) o un retraso (el punto bajo ocurre más tarde; en este caso, deberá exponerse a la luz en forma vespertina). Avanzar el ritmo hará que el día parezca más corto y la persona se sentirá somnolienta antes, mientras que retrasar el ritmo extenderá el día y la persona podrá mantenerse despierta más tiempo. De igual importancia que la exposición a la luz es el control del momento de la oscuridad, por ejemplo, con anteojos oscuros. Esto es especialmente relevante para aquellos que deben viajar entre el trabajo y el hogar por la mañana.

## **Actividad física**

Cuando es factible, el inicio de la actividad física retrasado por la mañana (o un entrenamiento por la tarde, pero lejos del periodo de sueño) se ajusta bien al ritmo circadiano natural de alerta del cerebro. Además, facilita el inicio del sueño nocturno y promueve un sueño de mayor calidad y duración. Por la tarde, nuestro sistema circadiano obtiene una máxima eficiencia cardiorrespiratoria y un aumento de la fuerza muscular, por lo que puede considerarse como el mejor momento para entrenar en la mayoría de las personas. Pero debe tenerse en cuenta que el ejercicio vigoroso inmediatamente antes de acostarse puede interferir con el sueño, especialmente si se realiza hasta el agotamiento, ya que desencadena una respuesta de estrés fisiológico y eleva la temperatura corporal central, que afectan la capacidad de conciliar sueño.

Durante el día, breves períodos de actividad física de alrededor de 30 minutos pueden dar como resultado un aumento moderado del estado de alerta de tres horas en soldados bien descansados. Sin embargo, tales períodos no son efectivos para revertir y mantener el estado de alerta bajo condiciones de pérdida de sueño significativa. Además, el ejercicio regular parece prevenir episodios frecuentes de somnolencia durante el día. Por último, se debe recordar nuevamente que la aptitud física no implica resistencia a la fatiga por falta de sueño.

## Nutrición

Varios alimentos o técnicas para prepararlos pueden afectar el sueño, tanto positiva como negativamente. Los alimentos que promueven el sueño tienden a ser altos en fibra y bajos en azúcares añadidos. Los alimentos fritos, grasos o picantes tienden a impactar negativamente el sueño: sobrecargan el estómago, son difíciles de digerir y pueden causar reflujo esofágico nocturno o acidez, por lo que se deben evitar antes de acostarse. Como regla general, lo recomendable es evitar comidas pesadas dentro de las dos a tres horas antes de iniciar el sueño. Sin embargo, tampoco es conveniente ir a la cama con hambre, ya que esto también puede disminuir la calidad de sueño. Si los sujetos necesitan comer justo antes de acostarse, sus mejores opciones incluyen una colación o una comida equilibrada (que incluya frutas y verduras) con alimentos bajos en azúcares añadidos. Los alimentos que rara vez perturban el sueño incluyen yogur, queso y galletitas, leche, cereales integrales y barras de proteínas.

La alimentación es también un sincronizador de nuestro reloj biológico; es por ello que los horarios de las comidas pueden tener un rol relevante en trabajadores en turnos rotativos o nocturnos. Los patrones irregulares de alimentación y el consumo de alimentos en la madrugada pueden generar trastornos en nuestro reloj biológico, que se asocian al desarrollo de obesidad, resistencia a la insulina y enfermedades cardiometabólicas. Es así que se recomienda ingerir las comidas durante el día, aun cuando se trabaje durante la noche. Aún no existe evidencia clara y suficiente para realizar recomendaciones en cuanto al mejor tipo de dieta que garantice la buena salud y rendimiento de trabajadores nocturnos y rotativos. Sin embargo, es posible realizar algunas recomendaciones generales. Para evitar las comidas y *snacks* durante la madrugada, se recomienda que, antes de comenzar la jornada laboral nocturna (o en las primeras horas de la noche), el trabajador consuma una cena rica en fibras y almidones complejos, los cuales aportarán energía y saciedad. Sin embargo, si esta cena no es suficiente y es necesario realizar una comida de refuerzo durante la madrugada, se sugiere consumir *snacks* bajos en grasa y ricos en fibras y proteínas, como frutas, yogures, etc. La respuesta posprandial no solo depende del tipo de nutriente que se ingiere, sino también del horario en el que se consume. Las comidas con

alto contenido de carbohidratos o grasas inducen un aumento de glucosa posprandial mayor que una comida baja en carbohidratos o grasa, y alta en proteínas. Esta respuesta es aún mayor si este tipo de comidas son consumidas durante la noche a comparación de comidas de bajo contenido de este tipo de nutrientes. Asimismo, es recomendable que, si se ingiere una comida al finalizar el turno (unas horas antes de acostarse a dormir), esta sea liviana y sana, compuesta por grasas saludables (grasas insaturadas, presentes principalmente en frutos secos, palta, semillas y pescado), proteínas y cereales, la cual provea saciedad durante el período de sueño.

El intento por extender la resistencia de un individuo o promover el sueño alterando el contenido de las comidas es complejo e impráctico en un entorno operativo. Es mejor centrarse en consumir regularmente una dieta nutritiva y equilibrada a las horas adecuadas del día. Los servicios de comida deberían estar disponibles para satisfacer las necesidades del personal que trabaja en turnos de tarde y noche. Existen muchos mitos y conceptos erróneos sobre la nutrición y el estado de alerta basados en afirmaciones no fundamentadas. Por ejemplo, se cree que los carbohidratos provocan somnolencia y que los alimentos ricos en proteínas mantienen el estado de alerta, o que la leche (que contiene triptófano) induce el sueño. Sin embargo, la evidencia actual sugiere que el contenido específico de los alimentos tiene poco o ningún impacto en el nivel de alerta o en la sensación de somnolencia. Como mencionamos, se entiende que las comidas grandes, independientemente de su composición, generan somnolencia.

Algunos hábitos dietéticos pueden ser un factor determinante en la calidad y duración del sueño. Una recomendación importante a tener en cuenta es mantener la hidratación, ya que la deshidratación también es una importante causa de fatiga. Consumir alcohol justo antes de acostarse puede inducir el sueño inicialmente, pero tiende a llevar a un sueño fragmentado. Para evitar los efectos negativos del alcohol en el sueño, los sujetos que opten por su consumo en el medio civil no deberían pasarse de una medida de "bebida estándar" (una lata de cerveza o una copa de vino) una hora antes de acostarse, no más de dos "bebidas estándares" dos horas antes de acostarse y así sucesivamente. Sin embargo, la abstinencia es la mejor estrategia cuando el sueño reparador es especialmente importante para las actividades del día siguiente.

Finalmente, consumir cafeína dentro de cuatro a seis horas antes de acostarse puede retrasar el inicio del sueño y también interrumpirlo. No hay evidencia científica empírica que sugiera que dietas especiales o suplementos dietéticos mejoren el rendimiento y prevengan la fatiga, y algunos de estos productos pueden ser potencialmente dañinos.

## Recomendaciones:

- Mantener una buena nutrición con una dieta equilibrada.
- Evitar saltar comidas y comer regularmente en un mismo horario. Esto ayudará a mantener un ciclo regular de sueño/vigilia, ya que la hora de la comida también es una señal temporal que influye en el reloj circadiano.
- No consumir comidas abundantes antes de dormir. Esto puede generar molestias gastrointestinales y alterar el periodo de sueño posterior.
- Para los trabajadores en turnos nocturnos, se recomienda ingerir las comidas durante el día. Para evitar las comidas y *snacks* durante la madrugada, se recomienda que, antes de comenzar la jornada laboral nocturna, el trabajador consuma una cena rica en fibras y almidones complejos, los cuales aportarán energía y saciedad. Si es necesario realizar una comida de refuerzo durante la madrugada se sugieren *snacks* bajos en grasa y ricos en fibras y proteínas, como frutas, yogures, etc.
- Mantener una hidratación adecuada.
- La cafeína en dosis moderadas (ver más abajo) puede restaurar el estado de alerta, pero no puede sustituir el sueño. En dosis altas, puede afectar la coordinación y el control motor fino.
- No consumir alcohol una o dos horas antes de acostarse.
- No consumir suplementos dietéticos sin consultar al médico a cargo.

## Promotores del sueño y del rendimiento

El uso de drogas en la guerra ha sido una constante a lo largo de la historia. Desde tiempos remotos, los soldados han recurrido a sustancias psicoactivas para potenciar su rendimiento en combate o mitigar los efectos psicológicos del conflicto, muchas veces con efectos nocivos para la salud. En la Antigüedad, los guerreros griegos consumían opio, mientras que los *berserkers* escandinavos empleaban hongos alucinógenos. En Sudamérica, se utilizó la hoja de coca para reducir la fatiga. En la guerra de Secesión estadounidense, el opio y la morfina se usaron ampliamente para tratar heridas y calmar la ansiedad de los soldados. A partir del siglo XIX, los europeos comenzaron a experimentar con la cocaína para mejorar la resistencia de sus tropas y, en la Primera Guerra Mundial, se convirtió en una droga común en ambos bandos. Durante la Segunda Guerra Mundial, los nazis usaron masivamente metanfetamina (Pervitin) para aumentar la resistencia, lo que favoreció la velocidad y eficacia de la *blitzkrieg*. No obstante, sus efectos secundarios (alucinaciones, agresividad extrema y dependencia) llevaron a restringir su uso a unidades especiales. Los aliados también utilizaron anfetaminas (Bencedrina) para sus pilotos y tropas de infantería, mientras que en Japón, la utilizó toda la sociedad, incluyendo operarios de fábricas y pilotos kamikazes. En la guerra de Corea, el consumo de estimulantes se volvió una práctica generalizada para soportar combates prolongados y misiones nocturnas. En la guerra de Vietnam, se realizó una distribución masiva de estimulantes para mantenerse alerta y sedantes para relajarse tras las misiones. Además, hubo un consumo descontrolado de drogas no reguladas (marihuana, heroína, opio, LSD, anfetaminas y barbitúricos). En conflictos recientes, grupos no estatales han empleado drogas para potenciar la ferocidad de sus combatientes; el Captagon (fenetilina) es una droga sintética ampliamente consumida, que genera un estado de euforia y reduce la sensación de miedo y dolor, señalada como la causa de la brutalidad extrema de los combatientes en Oriente Medio. En la guerra del Golfo, las fuerzas estadounidenses institucionalizaron el uso de fármacos para gestionar la fatiga en misiones prolongadas: pastillas *go* (estimulantes) para mantener la alerta y pastillas *no-go* (sedantes) para facilitar el descanso. La Dexedrina fue la anfetamina más utilizada; sin embargo, su consumo prolongado podía provocar paranoia,

agresividad y psicosis anfetamínica. En la década de 1990, el modafinilo emergió como una nueva generación de estimulantes más seguros para la guerra moderna. Sus efectos incluyen una mejora en la concentración, la memoria a corto plazo y la toma de decisiones, sin riesgo conocido de dependencia. La guerra y las drogas han estado intrínsecamente ligadas desde hace tiempo, y es probable que esta relación continúe evolucionando con el desarrollo de nuevas tecnologías farmacológicas.

## Melatonina

Si bien son pocos los estudios que han explorado el uso de melatonina en el ámbito militar, se piensa que la melatonina puede ser un tratamiento útil para la prevención de la interrupción del sueño y la degradación cognitiva.

Como cronobiótico, la melatonina puede ayudar a ajustar el ritmo circadiano a los nuevos horarios y reducir los efectos de la fatiga y el desfase horario, siempre que se administre en el momento adecuado. Además, el sujeto debe exponerse a la luz natural (o artificial de más de 2500 lux), también en un momento adecuado. La administración de melatonina por la noche y la exposición a la luz por la mañana es la recomendación para un trabajador diurno, mientras que la administración de melatonina por la mañana y la exposición a la luz en forma vespertina es la recomendación para mejorar la adaptación a un turno de trabajo nocturno. Como se discutió previamente, esto puede ser utilizado en forma estratégica para mejorar la adaptación al trabajo nocturno o a los viajes transmeridianos. Como sincronizador biológico, la dosis recomendada de melatonina está en el rango de los 0,5 a 5 mg.

Como hipnótico, se ha demostrado que la melatonina disminuye la latencia de inicio del sueño, aumenta el tiempo total de sueño y mejora su calidad general. También se demostró su eficacia como tratamiento para trastornos del sueño (como el trabajo en turnos y el *jet lag*) en personal médico, policías, trabajadores, pilotos y viajeros transmeridianos. Debe mencionarse que el efecto promotor del sueño de la melatonina es leve, ya que consiste en amplificar las diferencias entre día y noche en el estado de alerta y la calidad del sueño, por lo que debe alertarse al paciente para que no espere

el fuerte efecto inductor del sueño típico de las benzodicepinas o de las drogas Z. Sin embargo, el alto perfil de seguridad de la melatonina natural la coloca como una alternativa ideal para reemplazar la terapia con dichos hipnóticos. Es importante destacar que la mayoría de los estudios clínicos evaluaron la eficacia de agonistas de la melatonina, los cuales tienen mayores afinidades de unión, una vida media más prolongada y potencias relativamente más altas que el compuesto natural. En este sentido, la dosis indicada de melatonina se situaría en el rango de los 50-100 mg/día (en lugar de los habituales 2-3 mg/día), pero se necesitan más estudios que empleen estas dosis para realizar una evaluación adecuada de los efectos del compuesto natural.

Por último, cabe mencionar que numerosos estudios en animales, y algunos en humanos, han demostrado que la melatonina en dosis altas (50-100 mg/día) presenta un perfil antioxidante y citoprotector, lo que ayuda a contrarrestar diversos efectos adversos asociados con alteraciones crónicas del sueño.

## **Cafeína**

La cafeína es una de las sustancias estimulantes más consumidas, considerada como una droga psicoactiva que mejora el rendimiento físico y mental. Para muchas misiones, cierto grado de pérdida de sueño es inevitable. En estos casos, el personal militar puede lograr mejor el mantenimiento a corto plazo del estado de alerta y el rendimiento con un uso racional de estimulantes. Por diversas razones (incluida su amplia disponibilidad, su familiaridad y su relativa seguridad y eficacia), para este propósito, se recomienda la cafeína.

La cafeína tiene su principal mecanismo de acción a través del bloqueo de los receptores de adenosina en el sistema nervioso. La adenosina es una sustancia que normalmente se acumula en el espacio extracelular del cerebro y modula el proceso homeostático del sueño al fomentar la somnolencia a medida que transcurren las horas de vigilia. Una vez ingerida, la cafeína suele iniciar sus efectos a los 15 o 20 minutos y sus efectos perduran durante 4 a 6 horas. Hay una variabilidad que depende de características individuales y ambientales (p. ej., el consumo de nicotina, omeprazol

o altas dosis diarias de cafeína aceleran su propio metabolismo). Tiene una potencia toxicológica baja, sin encontrarse efectos tóxicos con la ingesta de 400 mg/día. Su consumo excesivo puede generar insomnio, nerviosismo, ansiedad, taquicardia, malestar estomacal, náuseas, dolor de cabeza o una sensación de tristeza.

Para la mayoría de las personas y en la mayoría de las circunstancias, la dosis óptima de cafeína es de 200 miligramos (aproximadamente dos tazas de café de filtro). Se ha reportado que dosis altas de cafeína (3 a 6 tazas de café) pueden revertir temporalmente las disminuciones en el rendimiento tras 48 horas de vigilia continua. Estos efectos suelen ser mayores en quienes no consumen cafeína regularmente. Se ha sugerido que la cafeína podría usarse en medio de un turno nocturno (especialmente en el primer y segundo día de la semana laboral, cuando la alteración circadiana es más pronunciada y el estado de alerta está comprometido) en los siguientes momentos: a media tarde, cuando el descenso de alerta posprandial es mayor, o antes de un viaje de regreso temprano en la mañana tras un turno nocturno, pero no dentro de las cuatro horas previas a un periodo de sueño programado. Sin embargo, la cafeína debe usarse prudentemente. Por ejemplo, en los tres a siete días previos al despliegue, puede ser útil reducir el consumo de cafeína a no más de dos tazas de café por día o tres bebidas carbonatadas con cafeína (gaseosas cola). Esta estrategia puede potenciar los efectos de la cafeína durante el despliegue cuando se necesita aumentar el estado de alerta. A continuación, se presentan las dosis de cafeína necesarias para una alerta óptima bajo diferentes condiciones operacionales (Tabla 13).

**TABLA 13. DOSIS RECOMENDADA DE CAFEÍNA EN DISTINTAS SITUACIONES OPERACIONALES**

| Condición              | Dosis  |
|------------------------|--|
| Operaciones sostenidas | • 200 mg a medianoche                                      |
|                        | • 200 mg nuevamente a las 04:00 y 08:00 si es necesario    |
|                        | • Usar durante el día (12:00 y 16:00) solo si es necesario |

|  |  |
|--|--|
| Operaciones nocturnas con sueño diurno   | · 200 mg al inicio del turno de noche                              |
|  | · 200 mg nuevamente 4 horas después                                |
|  | · Dosis tardía: al menos 6 horas antes de comenzar el sueño diurno |
| Sueño restringido (menos de 6 horas de sueño)  | · 200 mg al despertar  |
|  | · 200 mg nuevamente 4 horas después                                |
|  | · Última dosis: al menos 6 horas antes del período de sueño        |
| <i>Adaptada de Department of the Army (2020). Holistic Health and Fitness FM 7-22. Washington D. C., EE. UU.</i> |  |

La cafeína solo ayuda temporalmente a restaurar la alerta y el rendimiento, pero no reemplaza al sueño ni tampoco restaura completamente todas las habilidades cognitivas afectadas por la pérdida de sueño. De la misma manera, la cafeína puede ayudar a evitar que un sujeto se quede dormido, pero no mejora el juicio, la coordinación o el tiempo de reacción de ese soldado. Debido a que interferirá con la capacidad de iniciar o mantener el sueño, los soldados deben evitar la cafeína, si es coherente con los requisitos de la misión, al menos seis horas antes de una oportunidad de sueño anticipada.

Una limitación del uso de la cafeína es el desarrollo gradual de tolerancia al consumo repetido de altas cantidades (por ejemplo, más de cinco tazas de café al día). Los consumidores habituales de cafeína (cuatro o cinco tazas de café o 250-375 ml de bebidas con cafeína) desarrollan tolerancia rápidamente; se necesitan dosis mucho mayores para mantener efectos constantes en el estado de alerta. Es aconsejable no consumir más de dos tazas de café durante el periodo laboral. Entre los efectos secundarios más comunes se incluyen taquicardia, ansiedad, temblor, micción frecuente y malestar estomacal. La retirada súbita de cafeína puede provocar efectos adversos en el rendimiento y el estado de ánimo, y suele generar dolor de cabeza, sumado a los mismos efectos secundarios asociados a su uso. La Tabla 14 detalla la cantidad de cafeína en el café y otros productos de consumo frecuente.

| TABLA 14. DOSIS DE CAFEÍNA EN DISTINTOS PRODUCTOS |          |             |  |
|---|----------|-------------|--|
| Fuente  | Cantidad | Dosis       | Comentarios  |
| Bebida energética                                 | 60 ml    | 200 mg      | Gel energético (p. ej., 5-hour Energy Shot)  |
| Café fuerte de filtro                             | 240 ml   | 200 mg      | Depende del tipo de grano (los granos tipo robusta contienen más cafeína que los de arábica), la forma en que se prepara el café y la intensidad de la infusión. |
| Café suave de filtro                              | 240 ml   | 80 mg       |  |
| Café instantáneo                                  | 240 ml   | 60-100 mg   | Depende de la cantidad de cucharadas que se utilicen.  |
| Bebida energética                                 | 480 ml   | 160 mg      | Monster contiene 54 gramos de azúcar, por lo que supera el límite diario de 50 g recomendado por la OMS.   |
| Café expreso                                      | 60 ml    | 150 mg      |  |
| Chicle de cafeína                                 | 1 chicle | 100 mg      | Chicle energético Military   |
| Bebida cola                                       | 240 ml   | 23 mg       |  |
| Bebida cola sin azúcar                            | 240 ml   | 22 mg/31 mg | Zero/light   |
| Té negro  | 240 ml   | 50 mg       | Depende de la intensidad de la infusión.   |
| Yerba mate  | 240 ml   | 50 mg       | Yerba mate con bombilla  |
| Chocolate amargo                                  | 100 gr   | 40 mg       | Puede contener una cantidad de azúcar elevada.   |
| Té verde  | 240 ml   | 30 mg       |  |
| Chocolatada                                       | 240 ml   | 5 mg        | Depende de la intensidad de la infusión y de otros componentes que contenga.   |

|  |           |        |   |
|--|-----------|--------|---|
| Café descafeinado  | 240 ml    | 2-5 mg | La cantidad suele estar indicada en el envase.  |
| Como medicamento   | 20-100 mg |        | Los medicamentos para la tos, el dolor de cabeza y los productos adelgazantes contienen cafeína (p. ej.: Cafiaspirina 50 mg, IbuEvanol Max 100 mg). |
| <i>Adaptada de Caffeine &amp; Performance in the Operational Environment. Developed by the Behavioral Biology Branch, Center for Military Psychiatry and Neuroscience (Walter Reed Army Institute of Research)</i> |           |        |   |

## Promotores del sueño farmacológicos (distintos a la melatonina)

En ciertas circunstancias, puede que el personal tenga la oportunidad de dormir, pero no pueda hacerlo debido a diversos factores como la hora del día, la ansiedad, el ruido, las temperaturas extremas, etc. En el entorno operativo, los medicamentos hipnóticos recetados pueden ser una opción adecuada. Estos deben usarse solo después de que se hayan agotado los métodos no farmacológicos y deben ser utilizados únicamente bajo supervisión médica. Tras el uso de estos medicamentos pueden ocurrir efectos secundarios como somnolencia, torpeza o amnesia. Los sedantes deben seleccionarse en función de sus propiedades farmacológicas, incluida la rapidez de acción y la duración del efecto. El uso de agentes farmacológicos puede estar asociado con reacciones adversas que pueden ser individuales y, por lo tanto, requieren pruebas antes de su uso operativo.

Al prescribir estos medicamentos, hay que considerar que es posible desarrollar dependencia de los hipnóticos si se utilizan durante un largo período; asimismo, habitualmente se presenta un "insomnio de rebote" en el que el sueño se interrumpe durante una o dos noches después de interrumpir el fármaco, incluso si se usó por un corto período de tiempo. Esto puede incluir dificultad para conciliar el sueño y despertares frecuentes durante la noche. Es importante notar que, aunque los sedantes se pueden usar para inducir el sueño durante el *jet lag*, no reconfiguran el ritmo circadiano. Los sedantes pueden ayudar con el sueño desincronizado

después de un cambio de turno. Si se utilizan para la readaptación circadiana, su uso debe limitarse a 3-4 días.

El uso de un hipnótico puede considerarse en las siguientes circunstancias: para facilitar el sueño durante períodos limitados (por ejemplo, cambio en el horario de trabajo de diurno a nocturno o viceversa); para facilitar el cambio de fase circadiana (por ejemplo, con el fin de reducir los efectos del *jet lag*); para facilitar el sueño cuando hay un mínimo de ocho horas antes de la ingestión del fármaco y el próximo período de servicio. En la Tabla 2 del capítulo 1, se muestran fármacos y dosis comunes de administración.

## Recomendaciones

- En un entorno operacional, los fármacos para dormir (en la dosis más baja indicada) deben utilizarse solo como última opción y bajo la guía del médico, y únicamente durante el tiempo necesario.
- Para facilitar el sueño nocturno, el zolpidem (3,75 mg) o zopiclona (5 mg) son alternativas aceptables.
- Deben considerarse cuidadosamente factores como la disponibilidad, la duración de la acción y la incidencia de efectos secundarios (por ejemplo, amnesia e inercia del sueño).
- Los efectos secundarios pueden ser peligrosos en el entorno operativo militar cuando se utilizan maquinarias o se conducen vehículos.
- Si el fármaco es de acción prolongada o si la persona tiene alta sensibilidad, puede haber un efecto de “resaca” al día siguiente, de modo que la persona puede sentirse letárgica.
- Los hipnóticos para dormir, que pueden mejorar el sueño diurno, pueden mejorar el rendimiento nocturno.
- Los hipnóticos para dormir pueden mejorar las siestas que ocurren en un momento no propicio para dormir. Aquellos con una vida media corta son los mejores para iniciar y mantener siestas (por ejemplo, zolpidem), pero se debe tener mucho cuidado con la somnolencia (“resaca”) que ge-

nera tras la siesta.

- Es importante no combinar los fármacos con alcohol, ya que los efectos secundarios se amplificarán y hasta pueden generar alucinaciones o sonambulismo.
- Ciertos fármacos, como el midazolam, tienen un potencial relativamente alto de abuso por la naturaleza de acción rápida y la vida media corta de la sustancia química, lo cual significa que las dosis altas actúan mucho más rápido y duran poco (60 minutos).
- Existen diferencias individuales en la duración de la inercia del sueño después de tomar estos fármacos y estas deben ser monitoreadas. Todos los fármacos que se consideren para su uso en operaciones deben ser previamente probados en el posible receptor en condiciones controladas y bajo supervisión médica.
- No es prudente volverse dependiente de los medicamentos para dormir; estos pueden no ser necesarios excepto en situaciones extremas.

## **Estimulantes farmacológicos**

Cuando todos los demás esfuerzos de manejo de la fatiga han demostrado ser insuficientes para mantener el rendimiento en el nivel requerido, y con la autorización correspondiente por la cadena de mando, muchos ejércitos administran estimulantes farmacológicos a sus efectivos. Los factores que contribuyen a ese análisis incluyen la duración de los períodos de servicio, la hora del día, el tipo de misión y el tipo de actividad. El oficial al mando debe entender que la decisión de usar estimulantes recetados puede representar un fallo en los procedimientos regulares de manejo de la fatiga. Cuando se toma la decisión de usar estimulantes, se debe realizar una revisión de las estrategias actuales del sistema de manejo de la fatiga para evaluar cómo se pueden mejorar o reemplazar. Además, el uso de estimulantes puede producir efectos secundarios no deseados, como una falta significativa de sueño o alteración del ritmo circadiano. Como ejemplo, se cita el incidente

de Tarnak Farms en el año 2002, donde dos cazas F-16 destruyeron un campo de entrenamiento amigo al interpretar erróneamente que habían sido atacados, a lo que adjudicaron como “niebla de guerra secundaria a una psicosis anfetamínica” por consumo de medicación administrada oficialmente. Si bien las anfetaminas han sido prohibidas, en la actualidad, los estimulantes son administrados por parte del servicio médico luego de un análisis de riesgo asumido, la firma de un consentimiento informado, el control del consumo y posibles efectos adversos. Tras su uso, se requiere un período de descanso compensatorio con una duración que dependerá del medicamento recetado. En la Tabla 15 de este capítulo, se muestran fármacos que se han utilizados frecuentemente en operaciones militares.

## **Recomendaciones**

- Los estimulantes deben administrarse al menos una hora antes de los períodos críticos de rendimiento porque se necesita tiempo para obtener los efectos máximos del fármaco.
- Los estimulantes deben administrarse a alguien que haya estado 24 horas o más sin dormir.
- Se requerirán dosis más bajas durante el día que durante los períodos de trabajo nocturno.
- La última dosis debe administrarse con suficiente antelación al período de sueño programado.
- Se debe evitar el uso de fármacos para inducir el sueño en personal que ha sido mantenido despierto con estimulantes (y viceversa).
- Los estimulantes representan solo una solución temporal y no reemplazan al sueño no obtenido.
- La tolerancia a los estimulantes se desarrolla rápidamente.
- Todos los medicamentos que se usen en entornos operacionales deben ser probados previamente en potenciales receptores bajo condiciones controladas para garantizar que

no ocurran reacciones adversas.

## Preparaciones de venta libre

La principal ventaja de las preparaciones de venta libre es que están fácilmente disponibles sin receta. Debido a su estatus no regulado, no han sido bien estudiadas y pueden contener dosis inexactas u otros componentes no deseados. Remedios herbales como la raíz de valeriana, la manzanilla, la kava, el tilo y la lavanda se promueven como ayudas para el sueño. Sin embargo, no hay evidencia clara de su efectividad. Muchos de los fármacos para dormir de venta libre contienen difenhidramina, un antihistamínico con efecto sedativo. Los estimulantes de venta libre (incluidos los refrescos energéticos, tabletas y chicles de cafeína y guaraná) se utilizan más que los medicamentos recetados para mantener la vigilia. Tanto los estimulantes como los sedantes no recetados pueden tener efectos impredecibles y potencialmente dañinos, por lo que su uso debe ser analizado con precaución.

**TABLA 15. FÁRMACOS UTILIZADOS EN OPERACIONES MILITARES**

| Fármaco              | Vida media | Dosis         | Efectos adversos  |
|----------------------|------------|---------------|---|
| PROMOTORAS DEL SUEÑO |            |               |   |
| Zaleplon             | 1 h        | 5 mg          | Sedación, mareos, amnesia, alucinaciones, sonambulismo, sabor metálico, diarrea, náuseas, cefalea, nerviosismo. |
| Zolpidem             | 2,5 h      | 5 a 10 mg     |   |
| Zopiclona            | 4 h        | 3,75 a 7,5 mg |   |

|   |                          |              |  |
|---|--------------------------|--------------|--|
| Temazepam   | 12 h                     | 7,5 a 15 mg  | Sedación, somnolencia, fatiga, depresión, debilidad, confusión, trastorno del habla, amnesia, mareos, nerviosismo elevado riesgo de abuso. |
| <b>PROMOTORAS DEL RENDIMIENTO O ESTIMULANTES</b>  |                          |              |  |
| Cafeína   | 5 h (3 h en tabaquistas) | 50 a 200 mg  | Insomnio, ansiedad, taquicardia, temblor, cefalea, irritabilidad, hipertensión, arritmias, náuseas, vómitos, convulsiones, deshidratación. |
| Metilfenidato   | 2 h                      | 2,5 a 10 mg  | Vómitos, temblores, convulsiones, coma, cefalea, confusión, alucinaciones, taquicardia, hipertensión, arritmias, tolerancia y dependencia. |
| Metilfenidato LP  | 3,5 h                    | 5 a 40 mg    |  |
| Modafinilo  | 12 h                     | 100 a 200 mg | Cefaleas frecuentes, ansiedad, nerviosismo, insomnio, náuseas, diarrea, anorexia, sequedad bucal, rinitis, hipertensión, palpitaciones.    |
| Armodafinilo  | 15 h                     | 50 a 150 mg  |  |
| <p><i>Adaptada de Martínez Hernández J. y Lozano Olivares J. Insomnio: pautas de actuación y seguimiento. España, 2016; y de Maski, K., et al. (2021). Treatment of Central Disorders of Hypersomnolence. Journal of Clinical Sleep Medicine, 17(9), 1881-1893.</i></p> |                          |              |  |

## Sistemas de Gestión de Riesgo de Fatiga en Operaciones Militares

### ¿Por qué es importante la implementación de un SGRF en el ámbito de las operaciones militares?

Tradicionalmente, se reconoce que los períodos prolongados de trabajo ininterrumpido pueden provocar fatiga y, además, se considera necesario un tiempo adecuado para descansar y atender los

aspectos no laborales de la vida. Esta limitación de las horas de trabajo se originó luego de la Revolución Industrial. Por ejemplo, en el caso de la aeronáutica, el enfoque tradicional para gestionar la fatiga de una tripulación se basa en establecer límites de vuelos diarios, mensuales y anuales, así como en las horas de trabajo y los descansos mínimos.

En la segunda mitad del siglo XX, se acumuló nueva evidencia científica sobre otras causas de fatiga, especialmente en operaciones de larga duración. Estos nuevos conocimientos destacan la importancia del sueño suficiente para la recuperación y el mantenimiento de la vigilia, así como también del ritmo circadiano en el estado de alerta. Paralelamente, se ha incrementado la comprensión de los errores humanos y su papel en los accidentes. Los accidentes e incidentes suelen ser el resultado de la interacción entre los procesos organizativos y condiciones latentes que pueden penetrar las defensas actuales y afectar la seguridad operativa.

En este sentido, un SGRF busca aplicar los nuevos conocimientos científicos en materia de fatiga y seguridad para proporcionar un nivel igual o superior de seguridad a los enfoques tradicionales. La prescripción de límites de horas de servicio se considera un enfoque simplista de la seguridad operativa, ya que se centra únicamente en cumplir los límites establecidos. Por el contrario, un SGRF abarca varios dominios y utiliza estrategias defensivas de múltiples capas para gestionar los riesgos de fatiga, independientemente de su origen. Incorpora procesos dinámicos basados en datos para identificar riesgos asociados a la fatiga y desarrollar, implementar y evaluar controles y estrategias de mitigación, tanto a nivel organizativo como personal. Dada la flexibilidad de este sistema, es posible realizar una evaluación previa e implementarlo en aquellas operaciones que presenten riesgo de fatiga.

Dentro de las operaciones militares, un SGRF puede aplicarse en diferentes labores que involucren el trabajo en turnos rotativos, nocturnos o extendidos, tales como guardias médicas, tareas de aviación, marina, conducción vehicular, manejo de maquinaria peligrosa, viajes transmeridianos, despliegues en el terreno con operaciones continuas, operaciones especiales, etc. En esta sección, otorgaremos algunas consideraciones acerca de la implementación de un SGRF o de alguno de sus componentes en distintos ejemplos de operaciones militares.

## **Implementación del SGRF para el chequeo y predicción de síntomas de fatiga en personal militar**

La aplicación 2B-Alert Web<sup>2</sup> es una herramienta digital de acceso abierto que permite predecir los efectos de los horarios de sueño/vigilia en el nivel de alerta, lo que facilita el manejo de la fatiga en contextos operacionales. Fue desarrollada por el Instituto de Investigación del Ejército Walter Reed de Estados Unidos (WRAIR, por sus siglas en inglés); consiste en un modelo biomatemático que predice el nivel de fatiga sobre la base del efecto del ciclo de sueño previo, la hora del día y consumo de cafeína, y considera los efectos de la restricción del sueño, la extensión del sueño y el sueño de recuperación.

Esta herramienta permite a los usuarios introducir los horarios diarios de sueño de una persona y, opcionalmente, de consumo de cafeína (dosis y horario) para realizar predicciones promedio del estado de alerta para las próximas horas en relación con los valores que se obtendrían en una prueba de vigilancia psicomotora en la cual la persona reacciona lo más rápido posible a un estímulo visual que aparece en pantalla. Se obtienen los valores de tiempo de respuesta promedio (a mayor valor menos nivel de alerta) y el número de lapsos (respuestas mayores a 500 milisegundos). Una gráfica permite visualizar la proyección del nivel de alerta con un máximo de 30 días y luego se puede guardar como un archivo de imagen.

Esta herramienta se utiliza para prevenir caídas en el estado de alerta durante operaciones militares que impliquen privación de sueño o alteración del ritmo circadiano. Se puede utilizar como una ayuda para la toma de decisiones a fin de diseñar horarios de trabajo eficaces, orientar el diseño de futuros estudios sobre la restricción del sueño y la cafeína, y aumentar la conciencia pública sobre los efectos de la cantidad de sueño, la hora del día y la cafeína en el estado de alerta, mientras que se identifican los períodos durante los cuales hay un mayor riesgo de cometer errores.

En el capítulo siguiente, se ofrecerán detalles sobre su uso y se tomará como ejemplo su aplicación en el Curso de Cazadores de Montaña del año 2023 de la Escuela Militar de Montaña “Teniente General Juan Domingo Perón” (Ec Mil M), un instituto de perfeccio-

---

<sup>2</sup> Disponible en <https://2b-alert-web.bhsai.org>

namiento del Ejército Argentino con asiento de paz en Bariloche y con dependencia de la Dirección de Educación Operacional.

## **Implementación de un SGRF en la Real Fuerza Aérea de Canadá**

En su directiva AFO 8008-0, la Real Fuerza Aérea Canadiense (RCAF, por sus siglas en inglés) sienta las bases de un SGRF. El documento aplica a los miembros de las Fuerzas Armadas canadienses y es una directiva que se aplica a los empleados civiles del Departamento de Defensa Nacional que estén destinados, desplegados, adjuntos o comisionados a posiciones en el comando de la Real Fuerza Aérea Canadiense y al Jefe del Estado Mayor de la Fuerza Aérea. A continuación, se exponen algunas de las secciones del documento (con la terminología adaptada al ámbito local y a lo expuesto en el presente manual) a los fines de ejemplificar una directiva que constituye el punto de partida de la implementación de un SGRF.

### **Política**

#### **Contexto**

En la RCAF, la fatiga es una amenaza conocida que degrada la efectividad operativa, la seguridad de vuelo y la retención de personal capacitado en todo nivel. El cumplimiento de las misiones en forma exitosa requiere un enfoque global para la gestión de la fatiga que optimice operaciones seguras y efectivas.

#### **Declaración Política**

La gestión integral de la fatiga es reconocida en todos los niveles de mando como un facilitador operativo crítico. Para asegurar operaciones aéreas seguras y efectivas, la RCAF mantiene un

SGRF robusto y adecuado para la aviación militar, aprovecha los procesos de gestión de riesgos existentes de las Fuerzas Armadas canadienses, y lo ejecuta a través de la cadena de mando.

## **Dirección**

El SGRF de la RCAF es parte del Programa de Aeronavegabilidad del Departamento de Defensa. Los informes regulares sobre el SGRF aseguran una mejora continua mediante el análisis de datos. Este también está sujeto a revisión por parte del responsable de seguridad aérea de la RCAF y por mecanismos de auditoría establecidos en las normativas.

## **Gestión de riesgo**

El SGRF de la RCAF está basado en procesos; responde a la cadena de mando; incluye a todo el personal, aéreo y terrestre; sienta sus bases en la ciencia y en los datos; está integrado a los procesos de toma de decisiones

El sistema está diseñado sobre un enfoque que va “de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba”. El marco centralizado del SGRF proporciona la estructura, orientación y herramientas de “arriba hacia abajo” para asegurar un enfoque estandarizado de la fatiga en toda la RCAF. Dentro del marco estandarizado, las diversas comunidades de la RCAF desarrollan medidas de control del riesgo de fatiga de “abajo hacia arriba” para adaptarse a sus necesidades operativas únicas.

El proceso estándar de gestión de riesgo de las RCAF se aplica a la gestión del riesgo de fatiga e involucra los procesos de identificación de peligros, evaluación de peligros, desarrollo de medidas de control, implementación de medidas de control y supervisión y revisión para asegurar la efectividad de las medidas de control. Este proceso se lleva adelante a medida que se identifican los peligros de fatiga. Se desarrollan medidas de control y se asigna la responsabilidad de la implementación y supervisión de las medidas de control. Luego, este proceso se documenta. Las medidas de control pueden ser estandarizadas (aplicables a toda la RCAF), personalizadas (específicas de una comunidad o sitio) o individual-

lizadas (específicas de una persona).

## **Capas de defensa**

Las medidas de control del SGRF de la RCAF se basan en el principio de capas de defensa (descritos en el presente manual). Cada unidad de la RCAF documenta las medidas de control de fatiga existentes, organizadas según las siguientes capas:

- **Educación:** mediante formación en sueño y fatiga, y herramientas de construcción de una cultura de seguridad para el manejo del riesgo de fatiga.
- **Programación:** mediante el uso de herramientas de predicción de fatiga para optimizar el equilibrio entre carga de trabajo, personal disponible y oportunidades de sueño.
- **Calidad del sueño:** mediante formación en higiene del sueño, uso juicioso de medidas mitigadoras, tratamiento de trastornos del sueño e infraestructura optimizada para dormir.
- **Diseño del lugar de trabajo/misión:** mediante un diseño de infraestructura del lugar de trabajo y misión, gestionado adecuadamente para mantener el estado de alerta.
- **Mantenimiento del estado de alerta:** mediante prácticas de monitoreo de fatiga y el uso de medidas mitigadoras estándar y farmacológicas.
- **Informes y retroalimentación:** mediante la recolección y análisis continuo de datos para impulsar la mejora sostenida del programa.

## **Responsabilidades**

En la directiva, se definen las siguientes responsabilidades y actividades:

- **Coordinación de las actividades de desarrollo de políticas del SGRF de la RCAF.**

- Coordinación del desarrollo y aplicación de procedimientos operacionales relacionados con la fatiga y dirección de las actividades del SGRF, incluida la documentación e informes.
- Coordinación de la identificación de los requisitos financieros y de la presupuestación del SGRF de la RCAF.
- Desarrollo y mantenimiento del conjunto de herramientas informáticas del SGRF de la RCAF, tales como el repositorio de herramientas y recursos del sistema.
- Coordinación de los informes del SGRF de la RCAF como parte del Programa de Aeronavegabilidad, incluyendo métricas de desempeño.
- Coordinación del desarrollo y aplicación de herramientas de educación y de la construcción de una cultura de seguridad operacional relacionada a la fatiga; desarrollo de actividades formativas para el reporte e investigación de eventos relacionados con la fatiga; y coordinación/provisión de apoyo en cuanto a los aspectos educativos del SGRF.
- Coordinación del desarrollo y la promulgación de orientación técnica para el personal de salud para gestionar la fatiga y los trastornos relacionados con el sueño en el contexto de las operaciones de la RCAF; coordinación del desarrollo y la promulgación de orientación técnica para el personal de salud y comandantes de la RCAF sobre el uso de medidas mitigadoras para optimizar operaciones seguras y efectivas; regulación y monitoreo del uso de medidas mitigadoras por parte del personal de la RCAF; coordinación/provisión de apoyo en cuanto a los aspectos médicos del SGRF.

## **Implementación del SGRF para el chequeo de sueño efectivo en personal militar**

En mayo de 2010, la Real Sociedad Aeronáutica de Londres desarrolló una guía acerca de las horas de trabajo y gestión de la fatiga para personal militar. Esta guía contiene recomendaciones para el manejo de la fatiga en lo que puede considerarse como tres bandas de tipos de trabajo y actividad. Las Bandas A y B pueden ser utilizadas en la sociedad civil, mientras que la Banda C es específica para el mundo militar y proporciona una orientación sobre el riesgo de fatiga basada en el tiempo pasado dormido o despierto, pero no acerca de los esquemas o las horas de trabajo. En la Tabla 16, se muestra una adaptación de dicha guía y se toman algunos de los conceptos tratados en el presente manual.

La Banda A proporciona recomendaciones enmarcadas en las regulaciones sobre horarios de trabajo, que, de cumplirse, aseguran un riesgo bajo de fatiga. Se trata de reglamentaciones claras que deben ser respetadas tanto por los empleadores de personal civil como militar. En Argentina, la Ley 11544 reglamenta que la jornada laboral no debe superar las ocho horas diarias o las 48 horas semanales, mientras que la jornada de trabajo nocturno (entre las 21 h y las 6 h) no podrá exceder de siete horas; y aquella que se realice en un lugar insalubre, en el que se ponga en peligro la salud de los trabajadores ocupados, no podrá exceder de seis horas diarias o treinta y seis semanales. Además, reglamenta que, de no trabajar todos los días la misma cantidad de horas, la jornada laboral solo se puede extender por un máximo de nueve horas.

| TABLA 16. PROPUESTA DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE FATIGA EN OPERACIONES MILITARES. |  |                             |   |                            |      |         |
|--|--|-----------------------------|---|----------------------------|------|---------|
| BANDA B  |  |                             | Bajo  | Medio                      | Alto | Extremo |
| Trabajo nocturno, turnos rotativos o tareas de alto riesgo                       |  |                             |   |                            |      |         |
| BANDA A  |  |                             |   |                            |      |         |
| Trabajo diurno no rotativo, tareas de bajo riesgo                                |  |                             |   |                            |      |         |
| Conducta   | MBMF*  | Tabla de riesgo SGRF Canadá | Reglamentaciones laborales y resoluciones específicas | Reglamentaciones laborales |      |         |
| Automonitoreo  | El tiempo de reacción no supera el umbral fijado.                                    | 1-Apr                       | Hasta 12 horas de trabajo continuo                    | 8 horas de trabajo diurno  |      |         |
| Monitoreo por supervisor   | El tiempo de reacción supera el umbral fijado durante como máximo una hora continua. | 5-Aug                       |   |                            |      |         |
| Suspender actividad  | El tiempo de reacción supera el umbral fijado durante más de una hora continua.      | 9+                          |   |                            |      |         |

| BANDA C   |                           |                           |                  |             |
|---|---------------------------|---------------------------|------------------|-------------|
| Operaciones militares                                 |                           |                           |                  |             |
| Nivel de autoridad requerido para autorizar operación | Estimación empírica       | Modelo Fatiga Australiano | Operación típica |             |
| No requerido  | 7 o más horas de sueño    | Hasta 17 horas despierto  | 0                | Rutina      |
| Jefe de grupo (Subteniente)                           | 6-6.9 horas de sueño      | 17.1-18 horas despierto   | 1-May            | Ejercicios  |
| Jefe de compañía (Capitán)                            | 5-5.9 horas de sueño      | 18.1-19 horas despierto   | 6-Dec            | Operaciones |
| Jefe de operaciones (Mayor)                           | Menos de 5 horas de sueño | Más de 19 horas despierto | 13+              | Guerra      |

*Se exponen los grados para el ejército. \*En el caso de los MBMF, al día de hoy, la literatura científica no fija umbrales ni diferencia entre los distintos niveles de riesgo de fatiga (bajo, medio o alto); por lo que, lo que se explicita en esta tabla es a modo de ejemplo. Adaptada de EVANS CP, 2010.*

La Banda B hace referencia a los trabajadores que, por alguna razón, cumplen con reglamentaciones específicas sobre horarios de trabajo, como, por ejemplo, aquellos que realizan horas extra o jornadas extendidas. La reglamentación de la Ley 11544 permite que se agregue un máximo de tres horas extra a la jornada laboral de hasta nueve horas (en el caso de no trabajar todos los días la misma cantidad de horas), lo que resulta en una jornada laboral de hasta 12 horas. Ahora bien, un viaje típico de larga distancia, por ejemplo, de 16 horas de Buenos Aires a Tucumán, se excedería en cuatro horas de la jornada máxima permitida, por lo que, el tiempo durante el cual chofer es reemplazado por su compañero y duerme arriba del ómnibus es considerado como tiempo de descanso. Desde el punto de vista del riesgo de fatiga, esto puede representar un riesgo aumentado de tener algún tipo de incidente vial, lo que pone de relieve la complementación de estas normas con un SGRF de acuerdo con lo mostrado en la Figura 9 y lo descrito a lo largo de este manual. En la Tabla 6, se exponen los cálculos de riesgo de fatiga de acuerdo con el SGRF de la aviación de Canadá y con un MBMF. Esta información en conjunto nos va a dar como resultado un nivel de riesgo de fatiga, que puede ser bajo, medio, alto o extremo. El nivel bajo corresponde a un nivel aceptable y el trabajador puede continuar con sus tareas rutinarias; el nivel medio es tolerable, pero requiere supervisión; y el nivel alto requiere de la suspensión de la actividad.

La Banda C es específica para operaciones militares y de combate, en las cuales muchas veces se dan jornadas de trabajo extremadamente largas. En este caso, se utiliza un modelo de sueño y escalas de probabilidad de fatiga para calcular un nivel de riesgo de fatiga. El modelo de sueño es una herramienta sencilla, que ya fue adoptada por las Fuerzas de Defensa de Australia y la Autoridad de Transporte de Australia Occidental para el manejo de la fatiga. Se enfoca en la cantidad de horas que la persona durmió y el tiempo que lleva despierta. De manera similar al cálculo de riesgo de fatiga del SGRF de la aviación de Canadá, este modelo puede diferenciar entre estar cansado y fatigado, ya que analiza la cantidad de sueño obtenido en las últimas 24 y 48 horas y aborda la cantidad de horas que una persona puede permanecer despierta y alerta. Se basa en que una persona posee un riesgo elevado de cometer un error relacionado a la fatiga cuando obtuvo menos de cinco horas de sueño en las últimas 24 horas, obtuvo menos de 12

horas de sueño en las últimas 48 horas o ha estado despierto por más tiempo del que ha dormido en las últimas 48 horas. A partir de estas tres variables, se obtiene un puntaje objetivo del nivel de fatiga para cada individuo analizado que provee la probabilidad de fatiga para la finalización de una tarea compleja, como manejar un vehículo. El puntaje obtenido puede aplicarse a reglas militares empíricas; por ejemplo, a medida que aumenta la cantidad de tiempo despierto y baja la cantidad de sueño, aumenta el riesgo; y este se vuelve extremo si se pasa más de 19 horas despierto con menos de 5 horas de sueño.

Esta información en conjunto nos va a dar como resultado un nivel de riesgo de fatiga que puede ser bajo, medio, alto o extremo y que corresponde a esta banda. El nivel bajo corresponde a un nivel aceptable, por lo que el personal puede continuar con sus tareas rutinarias. El nivel medio es tolerable y requiere de supervisión periódica. El nivel alto es tolerable y requiere de supervisión continua, y el personal solo debe continuar con sus tareas en condiciones excepcionales. Por último, el nivel extremo es intolerable y el personal debe dejar de realizar sus tareas tan pronto como sea posible. Se debe tener en cuenta que la decisión de continuar con las operaciones debe ser tomada por autoridades de alta jerarquía y va a depender del nivel de riesgo.



## **4. Análisis del sueño y la fatiga en dos entornos operacionales de las FF. AA. en Argentina**

En el marco del Programa de NEURODEFENSA, se desarrollan investigaciones científicas aplicadas al ámbito militar con la finalidad de optimizar su rendimiento físico y mental, mejorar su capacidad operativa, cuidar su salud y realizar ajustes en la eficiencia y seguridad de las Fuerzas Armadas. En este capítulo, presentaremos dos proyectos de investigación sobre el sueño en entornos operacionales particulares de las FF. AA. argentinas.

### **Impacto de la noche polar y el aislamiento extremo en el sueño y la fatiga en operaciones antárticas<sup>3</sup>**

#### **La Antártida como modelo de desincronización biológica**

Los científicos y militares que año tras año prestan servicio en las bases antárticas se encuentran en condiciones de privación de luz natural, confinamiento y aislamiento extremos. Las bases son centros de investigación estratégicamente ubicados en la Antártida, diseñados para facilitar y respaldar proyectos científicos en este entorno. Estas instalaciones proveen la infraestructura necesaria, el alojamiento y los suministros para equipos multidisciplinarios de científicos. Su función es fundamental para el desarrollo de la ciencia, ya que permiten estudios que van desde la geología y climatología hasta la biología marina y la astrofísica. Naturalmente, también se estudian los procesos de adaptación humana a este ambiente extremo y, en particular, cuál es el impacto de permanecer varios meses sin estar expuestos a la luz solar.

El fotoperiodo se refiere al número de horas de luz y oscuridad en un día. Es un fenómeno natural que varía a lo largo del año y

---

3 Agradecimiento especial a la Dra. Marta Barbarito, pionera en esta línea de investigación desde el Instituto Antártico Argentino.

está determinado por la órbita de la Tierra alrededor del Sol y de la inclinación de su eje de rotación. Durante los meses de invierno, que abarcan aproximadamente de abril a agosto, las bases más australes quedan sumidas en una oscuridad prácticamente total, fenómeno conocido como “noche polar”. Durante estos cuatro meses, la Antártida se encuentra inclinada en una posición tal que el sol no se eleva lo suficiente sobre el horizonte como para proporcionar una luz diurna significativa. En su lugar, la región está sumergida en una penumbra constante con una luz crepuscular tenue que apenas ilumina el paisaje.

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones a lo largo de este libro, la ausencia de un ciclo de luz y oscuridad claro puede desajustar nuestro reloj biológico interno, lo que puede llevar a trastornos del sueño. Las personas pueden experimentar dificultades para conciliar el sueño y para despertarse a la hora deseada. Además, la exposición limitada a la luz natural puede afectar el estado de ánimo, ya que contribuye a la aparición de síntomas de tristeza o depresión estacional. Algunas personas pueden experimentar dificultades en la toma de decisiones y en la realización de tareas complejas. Los ritmos circadianos también influyen en la regulación del apetito y el metabolismo. Durante la noche polar, es posible que las personas experimenten cambios en los patrones de alimentación y en la forma en que el cuerpo procesa los alimentos. Por último, la falta de luz natural puede dificultar la socialización con otras personas, lo que puede tener un impacto en las relaciones interpersonales. Para contrarrestar estos efectos, a veces se recurre a estrategias como la exposición a fuentes artificiales de luz brillante para ayudar a regular los ritmos circadianos.

Para el estudio de estos fenómenos, dentro de las bases antárticas argentinas, la base Belgrano II reviste un interés particular. La estación fue construida sobre afloramientos rocosos en 1979 sobre el *nunatak* Bertrab en la Tierra de Coats a lo largo de la bahía Vahsel, costa Confín, a unos 1.300 km del Polo Sur (77°52'S, 34°37'O) (Figura 14).





**Figura 15. Luminosidad ambiental en la base Belgrano II.** En esta figura, se observan imágenes de las instalaciones a la misma hora en diferentes meses del año. Gentileza del Capitán Médico Juan Manuel López.

Aunque el periodo operativo es todo el año, la base, totalmente aislada, solo es accesible durante el período de verano entre mediados de diciembre y finales de febrero. El acceso se realiza a través de un vuelo en helicóptero de unos 30 minutos que despega del rompehielos ARA Almirante Irizar. Las instalaciones de la estación incluyen varios laboratorios científicos que conforman el LABEL (Laboratorio Antártico Multidisciplinario Belgrano II). La base también cuenta con un gimnasio e instalaciones médicas con equipo y capacidad para una respuesta apropiada. El número de miembros de la dotación suele ser 20 aproximadamente e incluye a un médico asistido por un enfermero. En caso de emergencia, las oportunidades de rescate son extremadamente limitadas. Los principales programas científicos llevados a cabo en la estación son sobre astronomía, geodesia, meteorología, monitoreo de ozono, geofísica, sismografía, estudios del sistema solar, estudios de la atmósfera y, en el campo biomédico, cronobiología del aislamiento antártico. Los programas forman parte del Plan Anual Antártico; y el Instituto Antártico Argentino es el organismo que coordina y dirige las investigaciones y estudios de carácter técnico-científicos vinculados a las actividades antárticas argentinas. El sostén logístico, a cargo del Comando Conjunto Antártico, incluye el transporte de personal y cargas en el marco de la Campaña Antártica anual.

La investigación en ciencias de la vida (en humanos) en estaciones antárticas argentinas se remonta a los estudios pioneros de Marta Barbarito a finales de la década de 1990. En colaboración con el grupo liderado por Antonio Peri de Italia, describió diversos aspectos de la adaptación psicológica al continente blanco. En el mismo período, se redactó un artículo sobre los cambios en el metabolismo óseo a lo largo de un invierno en la base Belgrano II. En 2014, se lanzó el proyecto “Cronobiología del aislamiento antártico: la utilización de la base Belgrano II como modelo de desincronización biológica y análogo espacial”, liderado por el Laboratorio de Cronofisiología (Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Católica Argentina y CONICET) en colaboración con el Laboratorio de Cronobiología (Universidad Nacional de Quilmes), la Universidad de San Andrés, el Instituto Antártico Argentino, el Comando Conjunto Antártico, el Ministerio de Defensa, la Universidad de la Defensa Nacional, y socios europeos (Universidad Católica de Lovaina, Agencia Espacial Europea) y de Estados Unidos (Instituto Walter Reed) y Canadá (Universidad de Montreal). El objetivo gene-

ral del proyecto, aún en curso al momento de escribir este capítulo, es evaluar el impacto cronobiológico de un año de aislamiento anártico en las dotaciones de la base Belgrano II.

## **La Antártida como análogo espacial**

Las condiciones hasta aquí descritas hacen que las estaciones antárticas sean excelentes lugares para estudiar las condiciones de aislamiento y confinamiento extremo propias de los viajes espaciales, por lo que, en este sentido, se reconocen como análogos espaciales. En lo referente a las consecuencias de la desincronización biológica, tanto para las misiones de la órbita terrestre baja como para las futuras misiones a la Luna y Marte, el riesgo de disminución en el rendimiento y alteraciones en el estado de salud como producto de la pérdida de sueño, la desincronización circadiana y la sobrecarga de trabajo es moderado y requiere mitigación. Este factor se puede estudiar, por supuesto, en las tripulaciones que habitan la Estación Espacial Internacional, donde el grado de realismo es máximo. Sin embargo, los costos, la logística y la presencia de otros factores, como la exposición a radiaciones y la microgravedad, atentan contra las conclusiones derivadas de estos estudios. En el otro extremo, encontramos los estudios de laboratorio, donde el investigador tiene control sobre las variables que estudia, pero el realismo es mínimo. Los estudios en las estaciones antárticas se encuentran en un excelente lugar intermedio, lo que brinda cierto realismo respecto de las condiciones de aislamiento y confinamiento propias del espacio, mientras que los estudios que allí se realizan demandan costos y logísticas razonables. Así, las bases antárticas a menudo se utilizan como sitios de prueba para tecnologías y equipos que se usarían en misiones espaciales. Esto puede incluir trajes espaciales, sistemas de soporte de vida y otras tecnologías cruciales. El hecho de que muchas de las estaciones antárticas donde se realizan estudios de este tipo se encuentren ubicadas a altitudes cercanas o superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar, donde la presencia de hipoxia hipobárica es un factor que modifica ciertas variables fisiológicas, es un punto relevante para considerar. Un ejemplo de esto es la base francoitaliana Concordia (ubicada a 3200 m s. n. m), donde la

Agencia Espacial Europea (ESA) lleva a cabo estas investigaciones.

En este contexto, resulta interesante resaltar que, a pesar de estar tan aislada como Concordia (a la misma distancia del polo y con el mismo fotoperíodo), Belgrano II se encuentra a nivel del mar, lo que la convierte en un lugar propicio para llevar a cabo estudios comparativos con aquellos realizados en Concordia u otras estaciones ubicadas en altitudes elevadas. Dentro de este marco conceptual, la presencia ininterrumpida en la Antártida durante más de 100 años y los resultados científicos obtenidos han permitido establecer una colaboración entre Argentina y la ESA con el objetivo de utilizar la base Belgrano II como análogo espacial. Así, desde 2019, se han alcanzado varios acuerdos entre la ESA, la Dirección Nacional del Antártico (DNA), la Universidad Católica Argentina y la Agencia Espacial Argentina (CONAE) para llevar a cabo la actividad conjunta Tempus Pro Antártida, la cual consiste en una serie de pruebas para la validación operativa del sistema de telemedicina avanzada de la ESA Tempus PRO. Este dispositivo permite monitorear parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la frecuencia respiratoria y la temperatura, al tiempo que ofrece capacidades de ultrasonido, laringoscopia y electrocardiografía. La comunicación puede ser manejada a través de una conexión satelital segura o una red de internet. La primera validación operativa de este sistema consistió en una serie de pruebas realizadas en las estaciones antárticas argentinas Belgrano II y Carlini durante la campaña antártica de invierno de 2020 (Figura 16). Una nueva fase del proyecto se llevó a cabo en 2022, por lo que se amplió el objetivo inicial para incluir el monitoreo del ejercicio de los miembros de la tripulación de invierno, la evaluación operativa de procedimientos para un dispositivo de imagen ocular basado en tabletas/teléfonos inteligentes y el estudio de la ocurrencia de reacciones alérgicas como indicadores de estrés. En 2023, también se incluyeron actividades científicas relacionadas con el estudio de la percepción del tiempo y las interacciones sociales. Debido a los recursos limitados de la Estación Espacial Internacional y a la complejidad de llevar a cabo pruebas operativas y actividades científicas en el espacio, antes de intentarlas en vuelo, la ESA y, en particular, el Centro Europeo de Astronautas (EAC) y el Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial (ESTEC) utilizan una variedad de análogos terrestres para probar ideas científicas y asegurarse de que las tecnologías estén listas para operar en el

entorno espacial. En este sentido, el uso de la estación argentina Belgrano II tiene el potencial de complementar otros análogos espaciales ya bien establecidos.



**Figura 16. Proyecto Tempus Pro Antártida. Validación operacional del equipo de telemedicina Tempus II en las bases antárticas Carlini y Belgrano II.**

## **Sueño, siestas y alerta en la base Belgrano II**

Los resultados presentados en esta sección corresponden a una muestra de 13 militares de sexo masculino que invernarón en la campaña del año 2014. Se realizaron cinco mediciones durante el año en los meses de marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre. El sueño fue evaluado mediante actigrafía con acelerómetros de muñeca (MicroMini Motionloggers Actigraphs, Ambulatory Monitoring Inc., Ardsley, NY). Además, los participantes completaron un registro con información sobre su período principal de sueño y siestas. Para la evaluación del estado de alerta, utilizamos una versión adaptada en netbook del test de reacción psicomotora (PVT) de cinco minutos del Instituto Walter Reed (EE. UU.). Dicha prueba evalúa el tiempo de reacción de un sujeto ante la aparición de un estímulo lumínico en forma repetida en la netbook.

La duración media del sueño disminuyó significativamente durante la noche polar (julio), mientras que se observó una tendencia no significativa hacia un inicio del sueño más tardío durante el mismo periodo. El final y la eficiencia del sueño no mostraron cambios significativos a lo largo del año. En relación con las siestas, la duración promedio del sueño diurno se duplicó en julio en comparación con marzo, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 17). Los participantes tomaron, en promedio, alrededor de tres siestas semanales en cada punto de medición. En aquellos individuos que tomaron al menos una siesta durante cada periodo de medición (en lugar del promedio de toda la dotación), esta aumentó significativamente su duración con un máximo de alrededor de dos horas y media en septiembre, mientras que se retrasó significativamente su inicio (con un máximo significativo en julio) y su final (con máximos significativos en julio y septiembre). La eficiencia del sueño durante la siesta también mostró cambios significativos, ya que aumentó a partir de mayo y llegó a un máximo en noviembre.

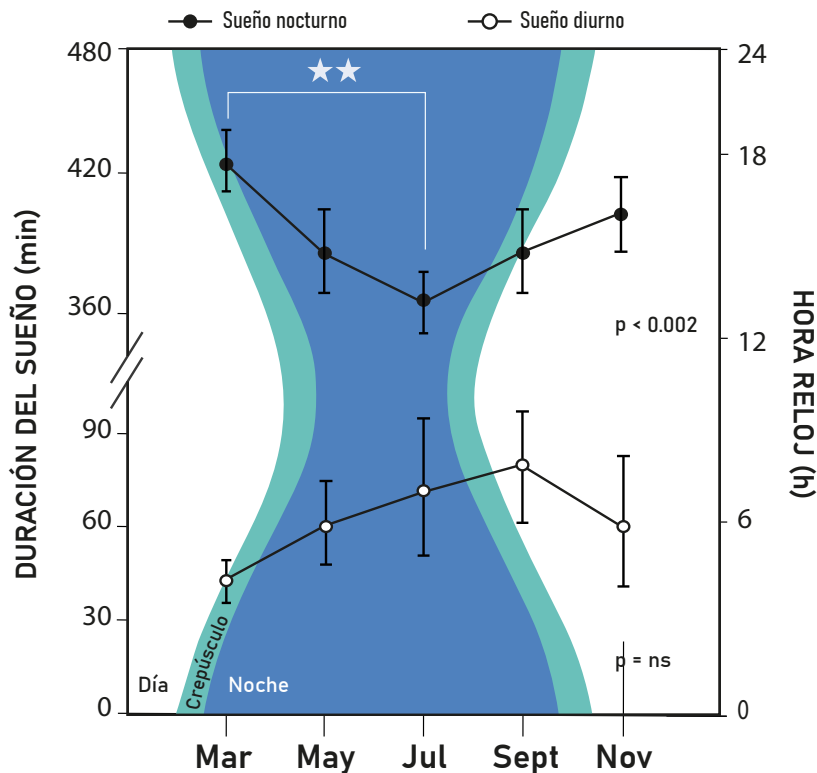


Figura 17. Sueño nocturno y diurno en Belgrano II. La duración del sueño nocturno disminuyó en julio. La duración promedio del sueño diurno y la relación entre el sueño diurno y nocturno mostraron un aumento no significativo durante el invierno. Se muestran medias  $\pm$  SEM. Las diferencias estadísticas fueron evaluadas mediante un ANOVA de medidas repetidas seguido de pruebas *post hoc* de Bonferroni (\*\*  $p < 0.01$ ). En el fondo, se observa la duración de la luz solar natural (luz diurna + crepúsculo) y los períodos nocturnos.

**Alerta.** La Tabla 17 muestra los valores matutinos y vespertinos derivados de la administración del PVT. Ninguna de las variables analizadas mostró cambios significativos a lo largo del año. No encontramos correlaciones significativas al evaluar las asociaciones del sueño con el estado de alerta en cada punto de medición.

| TABLA 17. TEST DE REACCIÓN PSICOMOTORA (PVT) |       |          |      |          |       |          |            |          |           |          |          |
|--|-------|----------|------|----------|-------|----------|------------|----------|-----------|----------|----------|
|  | MARZO | Media DE | MAYO | Media DE | JULIO | Media DE | SEPTIEMBRE | Media DE | NOVIEMBRE | Media DE | Promedio |
| <b>MAÑANA</b>                                |       |          |      |          |       |          |            |          |           |          |          |
| MRT (ms)                                     | 284   | 8        | 290  | 15       | 284   | 11       | 282        | 11       | 286       | 13       | 0,47     |
| SRT (ms)                                     | 83    | 10       | 129  | 22       | 111   | 23       | 93         | 18       | 94        | 19       | 0,917    |
| FRT (ms)                                     | 209   | 5        | 205  | 6        | 204   | 4        | 205        | 4        | 206       | 6        | 0,161    |
| IRT (1/ms)                                   | 2,36  | 0,08     | 2,27 | 0,11     | 2,48  | 0,17     | 2,45       | 0,15     | 2,36      | 0,17     | 0,839    |
| LRT (%)                                      | 2,2   | 0,5      | 4,6  | 1,9      | 2,5   | 0,8      | 2,4        | 0,8      | 3         | 0,9      | 0,615    |
| <b>NOCHE</b>                                 |       |          |      |          |       |          |            |          |           |          |          |
| MRT (ms)                                     | 294   | 13       | 291  | 16       | 305   | 21       | 292        | 12       | 301       | 20       | 0,869    |
| SRT (ms)                                     | 130   | 25       | 124  | 26       | 107   | 26       | 92         | 19       | 112       | 25       | 0,325    |

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| FRT (ms)  | 209  | 8    | 203  | 5    | 209  | 6    | 210  | 5    | 210  | 8    | 0,382 |
| IRT (1/ms)  | 2,24 | 1,13 | 2,38 | 0,19 | 2,28 | 0,21 | 2,39 | 0,14 | 2,35 | 0,22 | 0,601 |
| LRT (%)   | 3,6  | 0,8  | 3,4  | 1,4  | 4,5  | 2    | 2,3  | 0,8  | 4,9  | 2,2  | 0,805 |
| <p><i>MRT: tiempos de respuesta promedio; SRT: desviación estándar de los tiempos de respuesta; FRT: 10 % más rápido de los tiempos de respuesta; IRT: 10 % más lento de los tiempos de respuesta recíprocos; LRT: porcentaje de tiempos de respuesta <math>\geq</math> 500 ms. Todas las variables mostraron diferencias no significativas entre las mediciones. ANOVA de medidas repetidas seguido de prueba post-hoc de Bonferroni. Tomada de Folgueira, A. et al. (2019). Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. Scientific Reports, 9(1), 10875.</i></p> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |

El hallazgo principal del primer estudio es que los miembros de la tripulación durmieron en promedio una hora menos durante julio (invierno polar) en comparación con marzo y, en menor medida, noviembre. Aunque no fue estadísticamente significativo, también encontramos evidencia sugerente de un retraso en la conciliación del sueño durante esta estación. Por primera vez en una dotación antártica, mostramos que más de la mitad de los participantes eligieron tomar al menos una siesta semanal; asimismo, durante el invierno, el inicio de la siesta se retrasó, su duración aumentó y su eficiencia mejoró, lo que sugiere un aumento en la presión del sueño. No está claro si las siestas se prolongaron como consecuencia de un sueño nocturno más corto o viceversa. Por otro lado, no encontramos deterioros en el rendimiento a lo largo del año mediante el PVT de 5 minutos. En este sentido, existen pocos informes sobre modificaciones en la alerta durante las estancias en la Antártida con resultados contradictorios. Además, no se pudo establecer una correlación entre el sueño y los ritmos circadianos con la alerta. Probablemente, la disminución en la duración del sueño puede no haber sido suficiente para determinar cambios en la atención sostenida medida por el PVT. Estos resultados nos muestran los factores que deben ser tenidos en cuenta en la planificación de las actividades en este entorno operacional.

## **Sistemas de Gestión de Riesgo de Fatiga en cursos de formación de tropas de operaciones especiales<sup>4</sup>**

El impacto del estrés en la actividad operacional militar es una temática que ha tenido diversos abordajes en la Argentina. La evaluación particular del rendimiento en relación a la restricción del tiempo de sueño dentro del marco de un sistema de gestión de riesgos asociados a la fatiga comenzó a estudiarse en el año 2022 en la Escuela Militar de Montaña “Teniente General Juan Domingo Perón” con el asesoramiento del Programa de Neurodefensa de la Coordinación de Salud y Bienestar de las Fuerzas Armadas del Ministerio (hasta el año 2024) y, en la actualidad, por la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Universidad de la Defensa Nacional con el apoyo del Laboratorio de Cronofisiología (BIOMED, UCA-CO-NICET).

### **Implementación del SGRF en cursos de formación para tropas de operaciones especiales**

Un curso en el ámbito militar es una acción educativa que se desarrolla con la finalidad de que el personal de la fuerza acreciente promocióne o adquiera conocimientos, competencias, habilidades y destrezas que contribuyan a su formación o perfeccionamiento. Los institutos de perfeccionamiento que dictan cursos dirigidos a la formación de tropas para operaciones especiales (TOE) en el Ejército Argentino son responsables de su planeamiento y ejecución, como la Escuela Militar de Montaña, la Escuela Militar de Monte y la Escuela de Tropas Aerotransportadas y Tropas Operaciones Especiales. La implementación de intervenciones o exigencias adicionales en los cursos de formación deben ser reguladas y normalizadas en el ámbito educativo del Ejército Argentino.

La Dirección General de Educación del Ejército Argentino establece normas para planificar y desarrollar un curso en el ámbito de las fuerzas armadas a fin de proporcionar las bases necesarias para elaborar el planeamiento, propuestas y ejecución de las ac-

---

<sup>4</sup> Agradecimiento especial al Capitán Facundo Etchehún por promover el surgimiento de este proyecto desde la Escuela Militar de Montaña.

ciones educativas en cursos de formación de TOE. Estas normas se enmarcan estrictamente en los objetivos educativos, límites, gradualidad y exigencias particulares de cada uno de los cursos a los que alcanza. Sus objetivos se centran en normalizar y actualizar las órdenes y procedimientos, establecer un criterio unificado en cuanto al planeamiento y ejecución de estas exigencias, adecuar los procedimientos empleados hasta este momento y adoptarlos como experiencias.

Se establece que se debe asumir una serie de criterios rectores, las medidas de seguridad deben regir las actividades de riesgo en el ámbito educativo, los procedimientos a implementar deben haber sido propuestos y autorizados a través de la secuencia de documentos que dan estructura al curso, y solo serán de aplicación cuando las circunstancias lo ameriten y estén previamente normadas. Las propuestas de actividades a concretar deben ser plasmadas y descriptas a través de la cadena de comando.

Durante los cursos de formación de TOE, se realizan diversas actividades que implican un riesgo alto tanto para los cursantes como para los instructores. El Subprograma de Sueño establece una serie de instrucciones para la gestión adecuada del sueño. El descanso debe ser coherente y estar directamente relacionado con las tareas de cada etapa o momento del respectivo curso, supervisado por instructores y personal sanitario. Se contemplan medidas para el desarrollo de actividades de riesgo sin poner en peligro su seguridad e integridad ni la del resto del personal.

Con la implementación del MBMF bajo el marco conceptual del SGRF, es posible aumentar el nivel de seguridad mediante la evaluación de los niveles de alerta durante una actividad del curso y ajustar la oportunidad de descanso otorgada cada día. De esta forma, es posible planificar el tiempo de descanso adecuado para cada día y, en especial, para aquellos en los que se realicen las actividades de mayor riesgo.

Por lo tanto, la correcta implementación del SGRF colaborará en la prevención de accidentes o incidentes que amenazan la integridad física, bienestar y salud del personal, como así también en la mejora del rendimiento y aprendizaje de los cursantes. Esto tiene como objetivo mejorar y asegurar la continuidad de cursos, cursillos y otras actividades educativas que dan estructura a la formación de las TOE de las fuerzas armadas.

## **Plataforma 2B-Alert Web**

La plataforma 2B-Alert Web es una herramienta de acceso abierto desarrollada por las Fuerzas Armadas de EE. UU.<sup>5</sup> que, a partir de los modelos matemáticos descritos, predice los efectos del ritmo sueño-vigilia, consumo de cafeína y momento del día sobre el rendimiento neuroconductual (Figura 18).

Dentro del modelo inicial que se presenta en esta plataforma, podremos observar un eje X, en el que se proyecta el tiempo en días/horarios, y un eje Y, en el cual se proyecta el tiempo de reacción predicho por el modelo (a mayor tiempo de reacción, menor el estado de alerta). En el modelo que aparece en la página web, podemos encontrar tres ejemplos en los cuales se comparan las respuestas de personas que duermen ocho horas por día (color azul), cinco horas por día (color rojo) y cinco horas por día con infusiones periódicas de cafeína de 100 mg (color verde).

---

<sup>5</sup> Telemedicine and Advanced Technology Research Center (TATRC), Military Operational Medicine Research Program (MOMRP) y US Army Medical Research and Development Command (USAMRDC).

Clear All Import Data Export Data Export Graph  
Help Change Password Logout

Schedules  
8 h per night Sleep

**Steps to Edit a Schedule and Predict Alertness**

1. Select a schedule by clicking on a schedule timeline
2. Drag "Sleep" and, optionally, "Caffeine" onto the selected schedule timeline to edit the schedule
3. Click on an existing sleep or caffeine icon to edit it
4. Click the "Predict" button to predict alertness
5. Click the "Obtain Optimal Caffeine Schedule" checkbox to obtain caffeine interventions for peak alertness

Predict

Obtain Optimal Caffeine Schedule

Ítem para crear una nueva proyección de fatiga

## 2B-Alert Web

Prediction of the effects of sleep/wake and caffeine on alertness

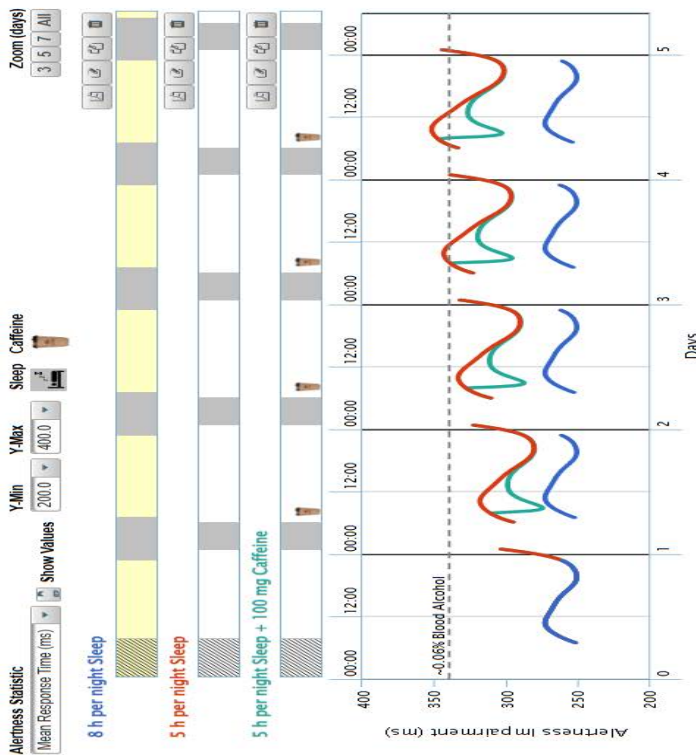


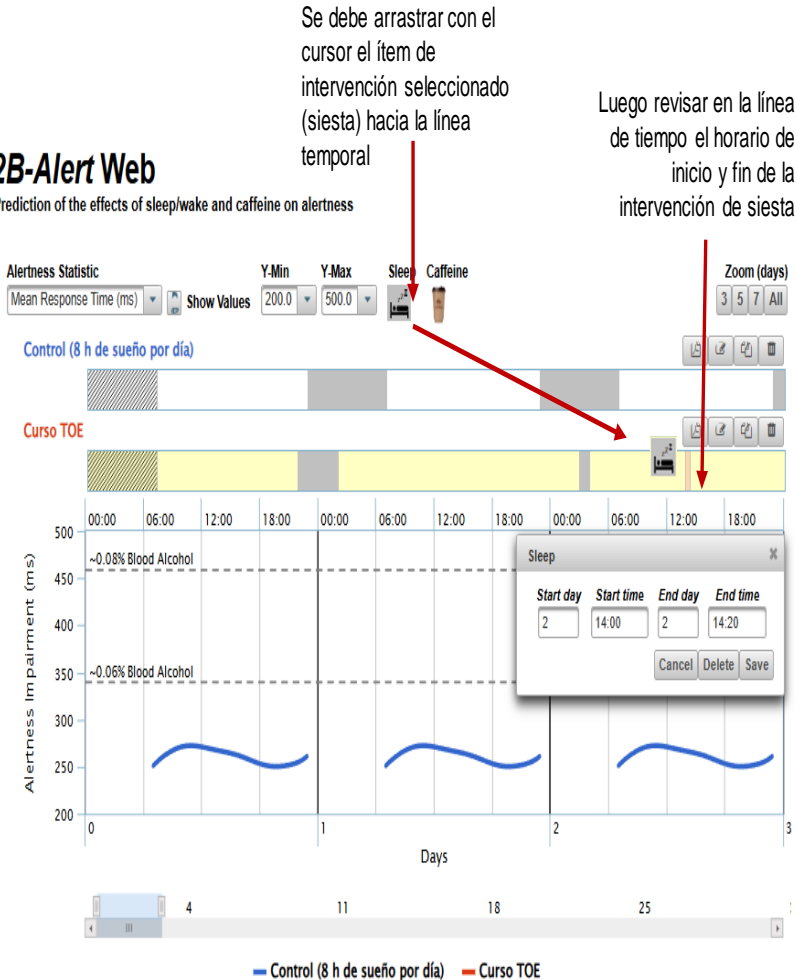
Figura 18. Plataforma 2B-Alert Web. En la parte superior, se observan tres planificaciones de los periodos de actividad y descanso. En la parte inferior, se encuentran las predicciones resultantes de los tiempos de reacción.

La plataforma permite evaluar el estado de alerta esperado en relación con un esquema de actividad y descanso específico; se entiende que se buscarán periodos de reacción más bajos (o más rápidos) para operaciones críticas. Para la confección de un plan de sueño, hay que dirigirse inicialmente al ítem con el signo + que muestra la Figura 18. Una vez seleccionado, la plataforma permite asignar un nombre al plan operacional. Es conveniente establecer, a fines comparativos, dos planes simultáneos: un plan con valores de reacción normales que debiese tener una persona que duerme ocho horas diarias y otro en el cual se reflejen las posibilidades de descanso que tendrá el personal. La asignación de nombres en las líneas temporales, como así también la asignación de colores diferenciados, permite tener una perspectiva clara de la degradación del estado de alerta asociado a un plan dado.

Una vez creada la nueva línea temporal, es necesario asignar los periodos de descanso de los individuos teniendo en cuenta los distintos requerimientos operacionales. En donde dice *sleep*, se podrán establecer los tiempos de descanso. Se debe ingresar día y horario de inicio y finalización de cada periodo de sueño. Esto también se puede lograr mediante la barra que muestra el plan de actividad y descanso (Figura 19).

## 2B-Alert Web

Prediction of the effects of sleep/wake and caffeine on alertness



**Figura 19. Asignación de tiempos de inicio y finalización del sueño.** Se debe ingresar día y horario de inicio y finalización de cada periodo de sueño.

La plataforma permite proyectar el efecto del consumo de bebidas estimulantes con cafeína, como una taza de café. Se deberán asignar las cantidades de cafeína en miligramos y su horario para evaluar su efecto en la predicción del estado de alerta (Figura 20).

## 2B-Alert Web

Prediction of the effects of sleep/wake and caffeine on alertness

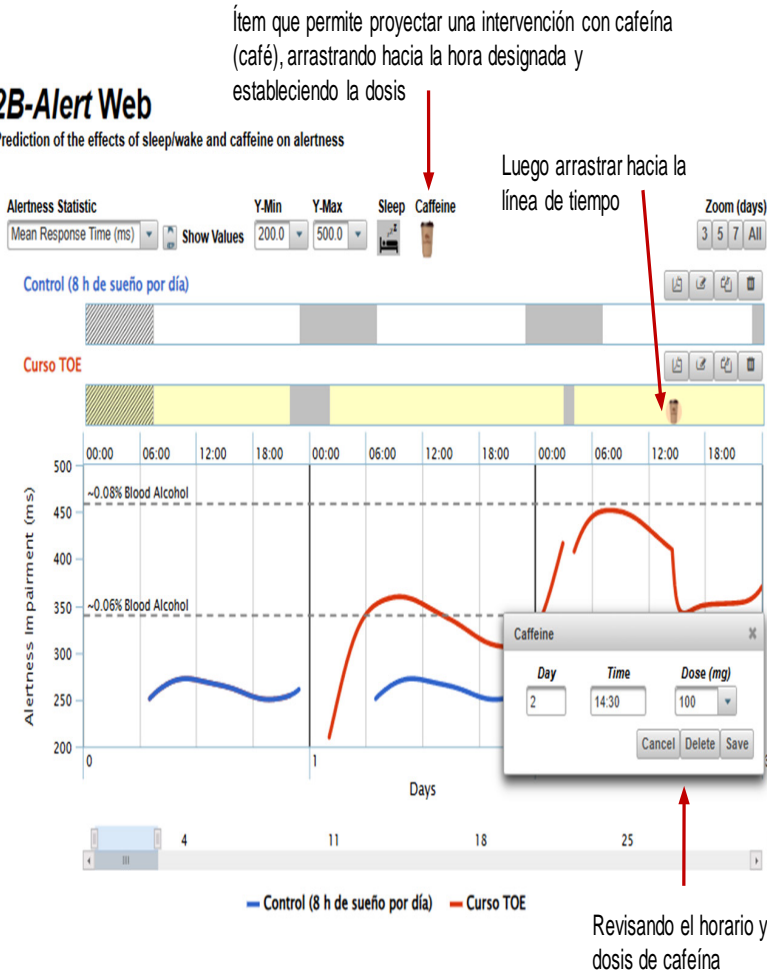


Figura 20. Efecto del consumo de bebidas estimulantes. Se debe ingresar momento de la ingesta de cafeína y la dosis.

Una vez que se coloquen todos los datos en la línea temporal, se procederá a seleccionar el ítem *predict* (Figura 21). Luego de esto, se puede observar la proyección del estado de alerta que se asocia al plan de sueño ingresado, el cual se mide como tiempo de reacción en milisegundos.

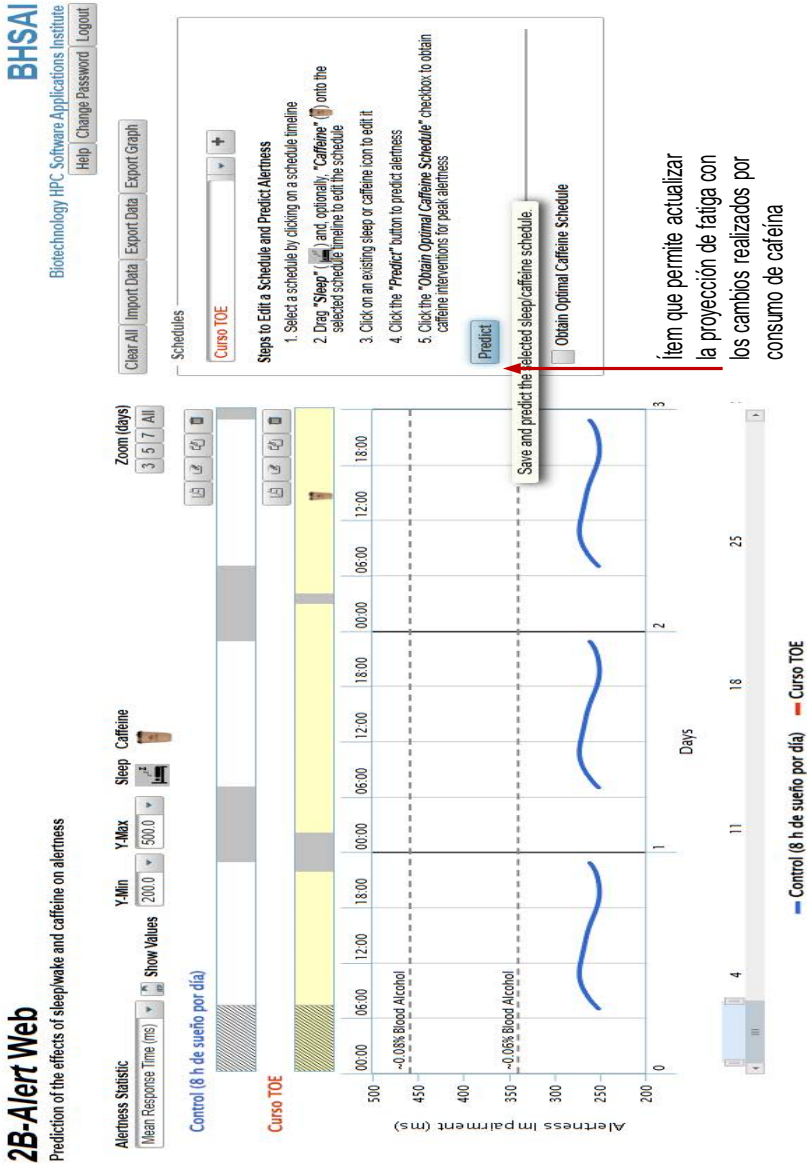
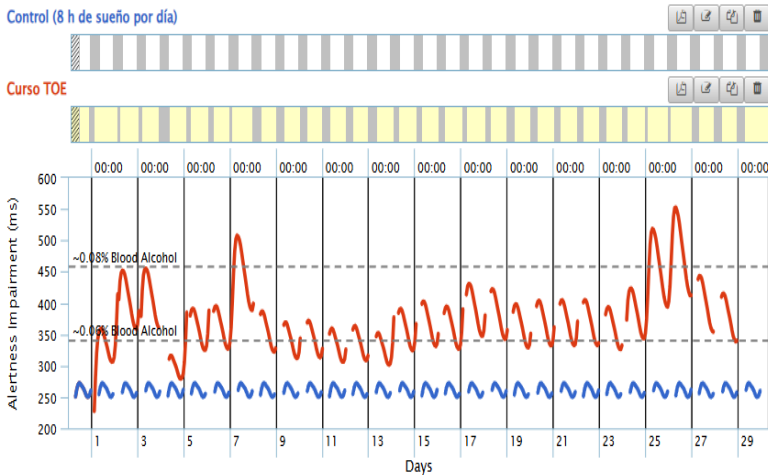


Figura 21. Obtención de la predicción. Luego de apretar *predict* (predecir), podremos observar el estado de alerta que se asocia a nuestro plan de sueño, medido como tiempo de reacción en ms.

## Ejemplo de una planificación operacional de los periodos de actividad y sueño

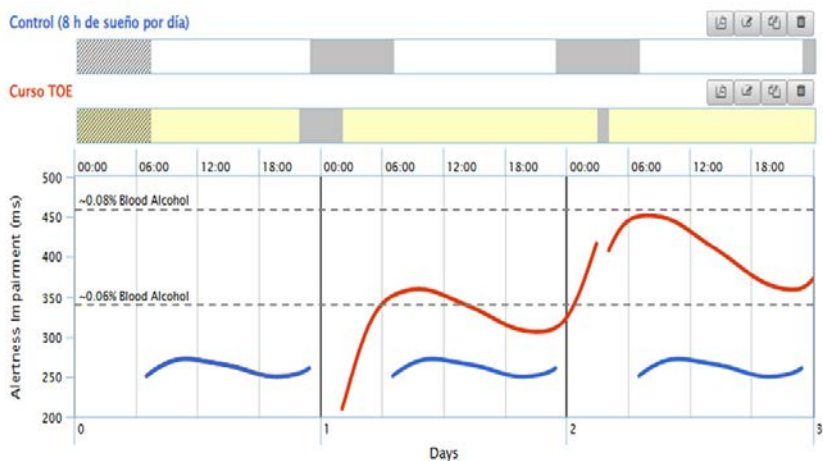
En esta sección, se muestra un ejemplo de una posible planificación operacional del sueño, propuesta en el marco de un curso en el ámbito militar. Naturalmente, la ejecución del plan de sueño debe tener en cuenta las actividades de instrucción previstas en el desarrollo del curso. El nivel de riesgo asociado a estas debe ser acorde a la degradación del estado de alerta que tendrán los cursantes como producto de las condiciones cambiantes de sus periodos de sueño. Se encontrarán períodos de un nivel de alerta adecuado que implican un menor riesgo de cometer errores, mientras que se podrían enfrentar períodos de un muy bajo nivel de alerta, con un riesgo mayor a cometer errores por restricción de sueño, en los que se deberán incrementar las medidas de seguridad y evaluar el desempeño del participante (Figura 22). A continuación, se expondrán cuatro ejemplos de predicciones de fatiga:



**Figura 22.** Nivel de alerta de un cursante vs. un sujeto que duerme ocho horas diarias. Predicción del riesgo de fatiga (tiempo de reacción en ms) de un cursante (rojo), la cual se realizó teniendo en cuenta las oportunidades de sueño disponibles durante el curso, y de una persona que duerme ocho horas diarias (azul). El aumento del tiempo de reacción refleja una degradación del estado de alerta asociada a las condiciones de restricción de sueño.

## Días 1-3: etapa de selección

Dentro de las actividades desarrolladas en una etapa de selección, se puede destacar el inicio del curso, con la revista del equipamiento, la comprobación de técnicas militares básicas y de combate individual, generalmente, bajo un trato riguroso y condiciones meteorológicas hostiles. En este ejemplo, se establecieron períodos de sueño acotados a menos de tres horas, los cuales se asocian a un tiempo de reacción proyectado mayor a 350 ms (equivalente a un nivel de alcoholemia mayor a 0,6 g/l) durante gran parte de esta etapa, con un pico cercano a 500 ms (equivalente a un nivel de alcoholemia mayor a 0,8 g/l) hacia el final del segundo día (Figura 23). Por ello, se deberían extremar las medidas de seguridad y mantener la actividad permanentemente supervisada.



**Figura 23. Nivel de alerta durante los días 1-3 del curso.** Durante gran parte de esta etapa, se observan tiempos de reacción predichos mayores a 350 ms (equivalente a un nivel de alcoholemia mayor a 0,5 g/l), con un pico cercano a 500ms (equivalente a un nivel de alcoholemia mayor a 0,8 g/l) hacia el final del segundo día.

## Días 4-7: etapa de formación: subetapa apoyo de fuego y apoyo de combate

Durante esta subetapa, se pueden desarrollar instrucciones de

dirección de fuego, exploración, trampas explosivas, demoliciones, comunicaciones, primeros auxilios y planeamiento. A pesar de que se pueden incrementar las horas de sueño, los valores del tiempo de respuesta proyectados siguen siendo más elevados que los parámetros de una persona que duerme ocho horas diarias (Figura 24).

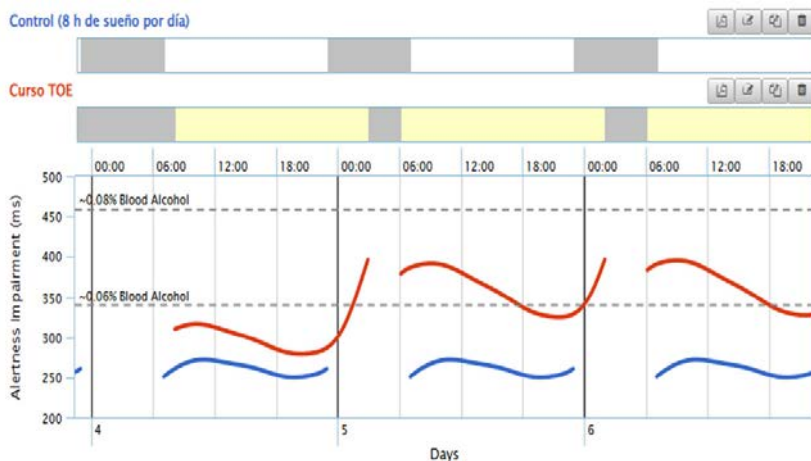
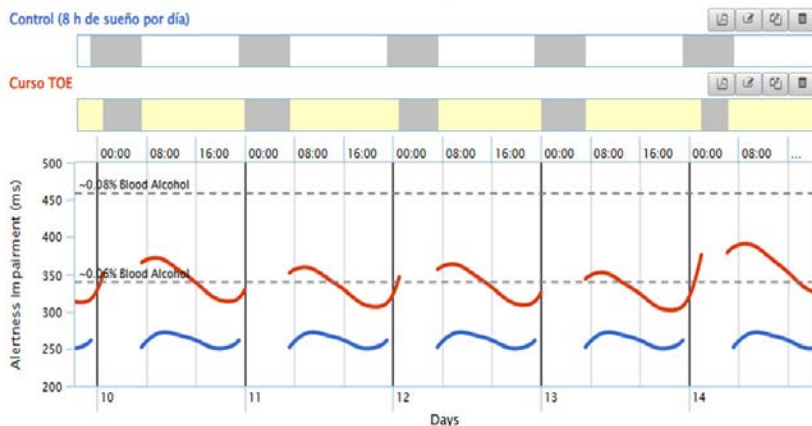


Figura 24. Nivel de alerta durante los días 4-7 del curso. Luego de incrementar los tiempos de descanso, los tiempos de reacción predichos aún no retornan a sus valores normales.

## Días 10-14: etapa de formación: subetapa de tiro

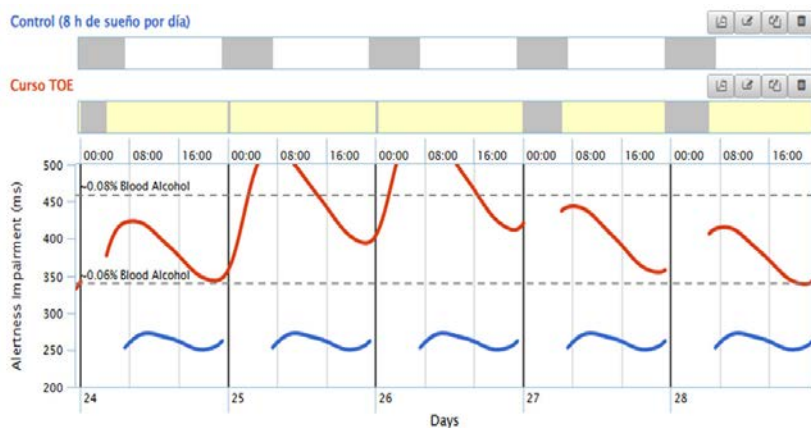
Durante el desarrollo de la subetapa de tiro, los cursantes duermen aproximadamente seis horas diarias. Los valores predichos de los tiempos de respuesta variaron entre los 350 y los 400 ms, los cuales se encuentran por encima del umbral del tiempo de reacción correspondiente a un nivel de alcoholemia de 0,6 g/l, pero por debajo del correspondiente a 0,8 g/l (Figura 25). Debido a esto, las medidas de seguridad en el polígono fueron incrementadas para poder controlar los posibles riesgos durante la actividad.



**Figura 25. Nivel de alerta durante los días 10-14 del curso.** Obsérvese que los tiempos de respuesta son mejores que en los ejemplos previos, pero sin llegar a los niveles de una persona que duerme ocho horas diarias.

## Días 24-26: etapa de formación: subetapa de ejercicio final

Durante el ejercicio final de la etapa de formación del curso estudiado, los cursantes vuelven a atravesar exigencias bajo privación de sueño. Esto permite evaluar en diferentes momentos del ejercicio las respuestas individuales a la falta de sueño, sumada a la hostilidad de un ambiente geográfico hostil y en condiciones climáticas adversas. Nuevamente, los tiempos de reacción proyectados aumentan a valores de 500 a 550 ms, los cuales sobrepasan el nivel de reacción correspondiente a una persona con 0,6 g/l de alcoholemia (Figura 26). Esto llevó a la dirección del curso a incrementar al máximo las medidas de seguridad de esta etapa.



**Figura 26.** Nivel de alerta durante los días 24-26 del curso. Ante nuevas condiciones de privación de sueño, los tiempos de reacción proyectados aumentan entre 500 y 550ms y sobrepasan el nivel de reacción correspondiente a una persona con 0,6 g/l de alcoholemia.

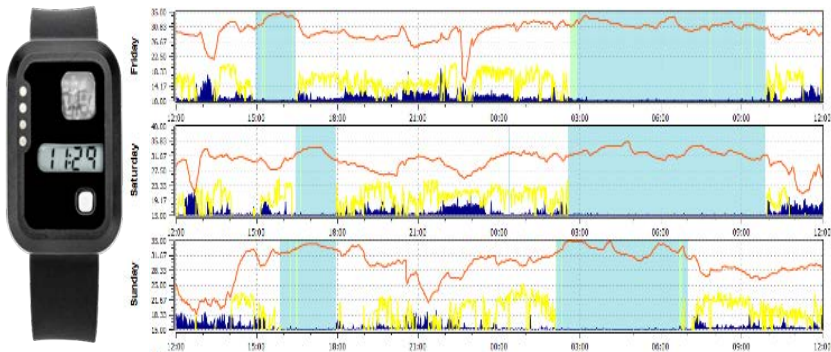
## Optimización de los modelos

Para lograr predicciones precisas, las ecuaciones del modelo biomatemático de la fatiga (MBMF) presentan parámetros que deben ser ajustados a la población en estudio (por ejemplo, la fase del ritmo circadiano y el nivel medio de alerta), de acuerdo con mediciones objetivas del estado de alerta. En este sentido, el Instituto de Investigaciones Biomédicas (BIOMED, UCA-CONICET), la Escuela Militar de Montaña del Ejército Argentino, la Universidad de Montreal en Canadá y la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad de la Defensa Nacional desarrollan una línea de investigación sobre el rendimiento con relación al ciclo sueño/vigilia en operaciones militares, que tiene como uno de sus objetivos evaluar y optimizar el modelo 2-B Alert, presentado en las secciones anteriores.

Como parte del proyecto citado, durante el año 2023, se realizó una intervención científica observacional en la tercera semana de instrucción del Curso de Cazadores de Montaña, correspondiente al uso de armas de fuego en un polígono de tiro. Se registró el

ritmo sueño-vigilia en forma continua y se tomaron tres pruebas de alerta por día en los 26 cursantes que superaron las pruebas iniciales de selección y no abandonaron el curso en las primeras semanas.

El ritmo sueño-vigilia fue evaluado por actigrafía mediante el uso de acelerómetros de muñeca (ActTrust, Cóndor Instruments, San Pablo, Brasil); para este estudio, se tomó el parámetro de duración de sueño (Figura 27).



**Figura 27.** Acelerómetro de muñeca (ActTrust, Cóndor Instruments, San Pablo, Brasil). A la izquierda, se muestra un actígrafo ActTrust 2, que tiene el aspecto de un reloj de pulsera, con sensores de movimiento, luz y temperatura (<https://condorinst.com>). A la derecha, se observa un gráfico de tres días de registro. En el eje horizontal de cada bloque, se indica la hora del día (de mediodía a mediodía), mientras que los días consecutivos se muestran en bloques bajo disposición vertical. Las líneas azules indican el nivel de actividad durante cada minuto del registro (las líneas más altas indican mayor movimiento), mientras que las franjas celestes indican períodos con movimiento mínimo y corresponden a los tiempos en que el sujeto estaba dormido, interrumpidas por franjas verdes que indican despertares. Las curvas naranjas grafican los valores de temperatura de la piel de la muñeca (tiende a aumentar al inicio del sueño) y las líneas amarillas, la cantidad de luz ambiental.

Con el fin de cuantificar el grado de alerta de los sujetos, se evaluó su reacción psicomotora mediante una prueba desarrollada para *tablet* por el Laboratorio de Cronofisiología de BIOMED en conjunto con Sistemas Reid (Buenos Aires, Argentina). El así llamado Test de Reacción Simple (TRS) es una adaptación para *tablet* de la prueba de reacción psicomotora (PVT, por sus siglas en inglés) descrita en la literatura (Figura 28). Para este estudio, se tomó en cuenta el parámetro del tiempo de respuesta media (MRT,

por sus siglas en inglés). Al optimizar el modelo, se consideraron los siguientes métodos: a) parámetros optimizados reportados en la literatura; b) parámetros ajustados por una optimización no lineal (método de Nelder-Mead) en la que se toman los datos en forma grupal; c) parámetros ajustados por una optimización no lineal en la que se toman los datos en forma individual; d) aprendizaje Bayesiano para datos individuales y en tiempo real; e) filtro de Kalman extendido para datos individuales y en tiempo real (EKF).



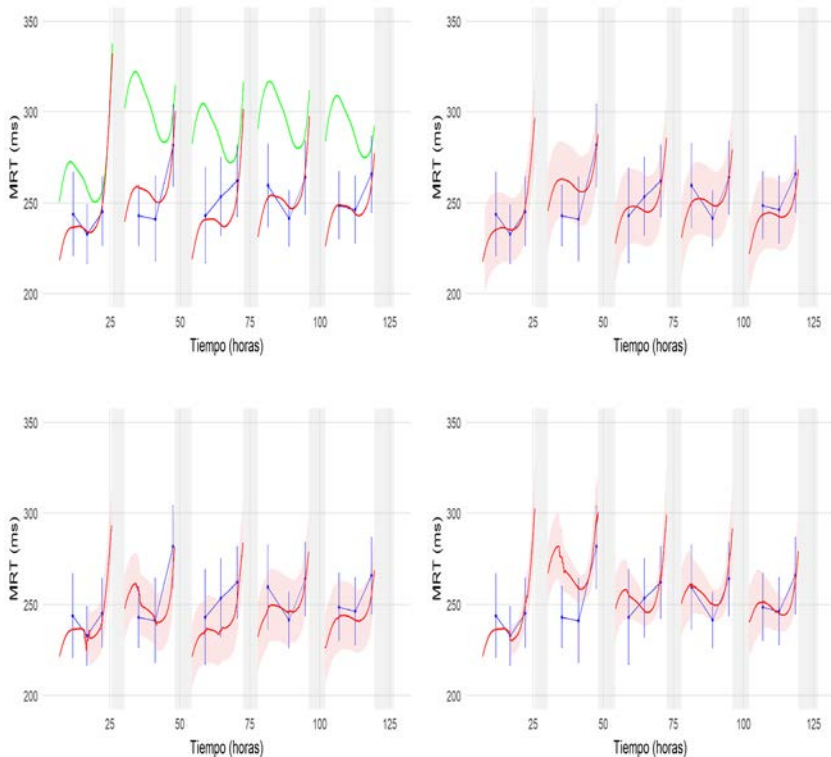
**Figura 28. Test de Reacción Simple (TRS).** Adaptación para *tablet* de la prueba de reacción psicomotora elaborada por el Laboratorio de Cronofisiología (BIOMED) en conjunto con Sistemas Reid (Argentina).

El grado de ajuste de los modelos se cuantificó mediante la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE). Además, para los modelos con ajustes individuales (c, d y e), se evaluó la significancia estadística mediante un modelo lineal mixto.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Naval "Dr. Pedro Mayo". Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de participar en el estudio. El trabajo fue llevado a cabo de acuerdo con los principios y pautas establecidas en la Declaración de Helsinki.

La duración de sueño mediana (IQR) fue de 297 (254-339) min y la eficiencia de sueño de 84 % (80-92 %). En la Figura 29, se muestran los resultados correspondientes a las predicciones de alerta obtenidas por el MBMF según los distintos modelos de optimiza-

ción junto con los datos reales obtenidos por el TRS. De acuerdo con lo esperado, se observa que el modelo original (es decir, sin ajustar) se aleja mucho de los resultados del TRS, mientras que las otras estrategias se adecúan de mejor forma.



**Figura 29. Optimización del MBMF.** Arriba a la izquierda: modelo original con parámetros reportados por la literatura (verde) y optimización grupal (rojo). En azul, se muestran los valores del TRS. Arriba a la derecha: optimización individual en la que se tomaron todos los datos en forma conjunta. Abajo a la izquierda: optimización individual en tiempo real por aprendizaje Bayesiano. Abajo a la derecha: optimización individual en tiempo real por filtro de Kalman extendido. En todos los casos, se muestran medias e IC 95 %.

La Figura 30 muestra el RMSE para cada modelo. Salvo el modelo original con los parámetros tomados de la literatura (sin ajustar), todos presentan valores menores a los 20 ms. El grado de significancia estadística de los modelos ajustados individualmente fue alto ( $p < 0.01$ ).

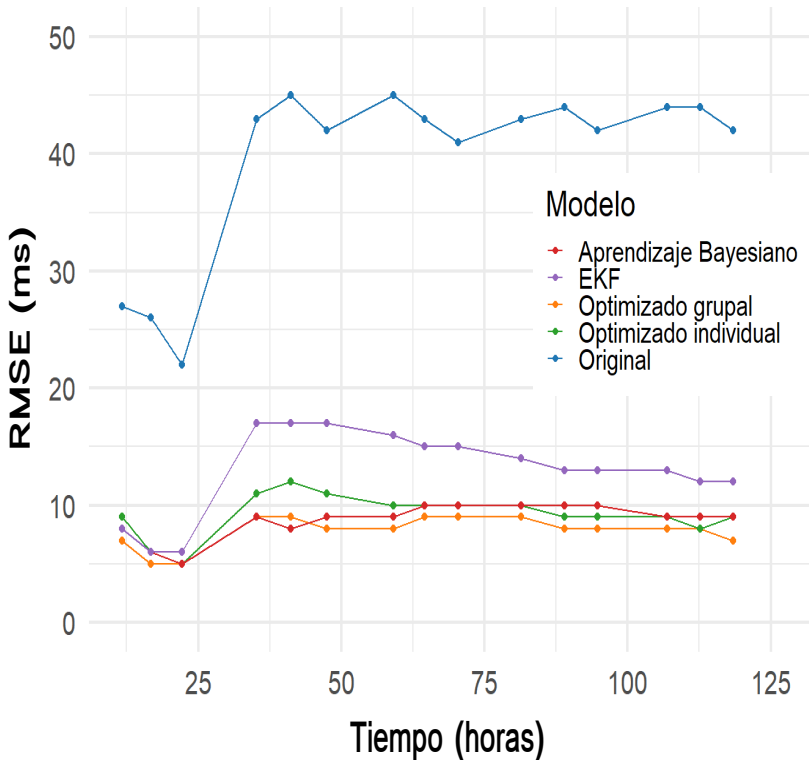


Figura 30. RMSE para los distintos modelos. Salvo el modelo original con los parámetros tomados de la literatura (sin ajustar), todos presentan valores menores a los 20 ms.

Estos resultados muestran que los parámetros del MBMF reportados por estudios previos llevan a predicciones que pueden ser mejoradas para ajustarlas —en tiempo real— a datos recabados en el terreno. La optimización de los parámetros por los métodos descritos arrojó resultados adecuados y similares entre sí; se destaca el modelo EKF, que permite un ajuste individualizado y en tiempo real a los resultados del TRS, con un coste computacional bajo. A diferencia de otros estudios realizados en condiciones controladas de privación de sueño en laboratorios, en este trabajo analizamos una situación naturalística, donde los sujetos experimentaron niveles de privación de sueño menos severos que

los comúnmente empleados en las validaciones reportadas en la literatura. En futuros análisis, se evaluará la capacidad del MBMF para predecir el rendimiento en las pruebas de tiro realizadas, que constituyen un buen modelo de contextos de dificultad variable que pueden encontrarse en una situación operacional real. Además, la herramienta informática desarrollada nos permitirá contar con una plataforma de prueba de modificaciones, que incluye la utilización de parámetros de alerta distintos del MRT y la incorporación de parámetros de calidad de sueño (actualmente no considerados en el 2B Alert).

Los resultados preliminares obtenidos permitirán mejorar los modelos existentes para crear estrategias personalizadas de gestión de la fatiga y del rendimiento en entornos operacionales de las Fuerzas Armadas. Además, determinar si estos modelos permiten anticipar caídas en el rendimiento en tareas complejas podrá favorecer su adopción más amplia como parte de sistemas de gestión de riesgo de fatiga.

## Bibliografía

- Aguirre, A. (2015). Capítulo 37.1: trastornos del ritmo circadiano. En Sociedad Española de Sueño (Ed.), *Tratado de Medicina del Sueño* (pp. 359-363). Editorial Médica Panamericana.
- Akerstedt, T., Fredlund, P., Gillberg, M. y Jansson, B. (2002). Work Load and Work Hours in Relation to Disturbed Sleep and Fatigue in a Large Representative Sample. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(1), 585-588. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(02\)00447-6](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(02)00447-6)
- Antonio, J., Newmire, D. E., Stout, J. R., Antonio, B., Gibbons, M., Lowery, L. M., *et al.* (2024). Common Questions and Misconceptions About Caffeine Supplementation: What Does the Scientific Evidence Really Show? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21(1), 189-221. <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2323919>
- Barger, L. K., Ayas, N. T., Cade, B. E., Cronin, J. W., Rosner, B., Speizer, F. E. y Czeisler, C. A. (2006). Impact of Extended-Duration Shifts on Medical Errors, Adverse Events, and Attentional Failures. *PLOS medicine*, 3(12), 2440-2448. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030487>
- Behavioral Biology Branch, Center for Military Psychiatry and Neuroscience. (18 de febrero de 2025). *Caffeine & Performance in the Operational Environment*. Walter Reed Army Institute of Research. <https://wrair.health.mil/News-Media/Investigators-Dispatch-Fact-Sheets/Display-Factsheet/Article/3275517/caffeine-and-performance-in-the-operational-environment/>
- Belenky G. L., Krueger, G. P., Balkin, T. J., Headley, D. B. y Solick, R. E. (1987). *Effects of Continuous Operations (CONOPS) on Soldier and Unit Performance: Review of the Literature and Strategies for Sustaining the Soldier in CONOPS* (Informe n. ° WRAIR-BB-87-1). Fort Detrick (MD): Walter Reed Army Institute of Research Division of Neuropsychiatry.

- Belenky, G., Penetar, D., Thorne, D., Popp, K., Leu, J., Thomas, M., Sing, H., Balkin, T., Wesensten, N. y Redmond, D. (1994). Capítulo 7: The Effects of Sleep Deprivation on Performance During Continuous Combat Operations. En B. M. Marriott (Ed.), *Food Components to Enhance Performance: An Evaluation of Potential Performance-Enhancing Food Components for Operational Rations*. National Academies Press (EUA). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK209071/>
- Belenky, G., Wesensten, N. J., Thorne, D. R., Thomas, M. L., Sing, H. C., Redmond, D. P., Russo, M. B. y Balkin, T. J. (2003). Patterns of Performance Degradation and Restoration During Sleep Restriction and Subsequent Recovery: A Sleep Dose-Response Study. *Journal of sleep research*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2003.00337.x>
- Bellone, G. J., Plano, S. A., Cardinali, D. P., Chada, D. P., Vigo, D. E. y Golombek, D. A. (2016). Comparative Analysis of Actigraphy Performance in Healthy Young Subjects. *Sleep Science*, 9(4), 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.slsci.2016.05.004>.
- Berry, R. B. (2012). Circadian Rhythm Sleep Disorders. En R. Berry (Ed.), *Fundamentals of Sleep Medicine* (515-543). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-0326-9>
- Bittencourt, L. R., Santos-Silva, R., de Mello, M. T., Andersen, M. L. y Tufik, S. (2010). Chronobiological Disorders: Current and Prevalent Conditions. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 20(1), 21-32. <https://doi.org/10.1007/s10926-009-9213-0>
- Bonnet, M. H., Balkin, T. J., Dinges, D. F., Roehrs, T., Rogers, N. L. y Wesensten, N. J. (2005). The Use of Stimulants to Modify Performance During Sleep Loss: A Review by the Sleep Deprivation and Stimulant Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *Sleep*, 28(9), 1163-1187. <https://doi.org/10.1093/sleep/28.9.1163>
- Borbély, A. A. y Achermann, P. (1999). Sleep Homeostasis and Models of Sleep Regulation. *Journal of biological rhythms*, 14(6), 557-568. <https://doi.org/10.1177/074873099129000894>
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R. y Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. *Psychiatry research*, 28(2),

- 193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Caldwell, J. A., Caldwell, J. L., Thompson, L. A. y Lieberman, H. R. (2019). Fatigue and its Management in the Workplace. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *96*, 272-289. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.10.024>
- Canham-Chervak, M., Rappole, C., Grier, T. y Jones, B. H. (2018). Injury Mechanisms, Activities, and Limited Work Days in US Army Infantry Units. *U.S. Army Medical Department Journal*, (2-18), 6-13.
- Capaldi, V. F., Balkin, T. J. y Mysliwiec, V. (2019). Optimizing Sleep in the Military: Challenges and Opportunities. *Chest*, *155*(1), 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.08.1061>
- Capener, D. C., Brock, M. S., Hansen, S. L., Matsangas, P. y Mysliwiec, V. (2018). An Initial Report of Sleep Disorders in Women in the U.S. Military. *Military Medicine*, *183*(9-10), 266-271. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx116>
- Cardinali, D. (2013). Capítulo 15: correlatos electrofisiológicos de la actividad cortical. Fisiología del Sueño. En D. Cardinali (Ed.), *Manual de neurofisiología* (239-264). Diaz de Santos.
- Chattu, V. K., Sakhamuri, S. M., Kumar, R., Spence, D. W., Bahammam, A. S. y Pandi-Perumal, S. R. (2018). Insufficient Sleep Syndrome: Is it Time to Classify it as a Major Noncommunicable Disease? *Sleep Science*, *11*(2), 56-64. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20180013>
- Cheung, B., Vartanian, O., Hofer, K. y Bouak, F. (2010). *General Recommendations on Fatigue Risk Management for the Canadian Forces*. Defence R&D.
- Chokroverty, S. (2011). Capítulo 2: características generales del sueño normal. En S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los trastornos del sueño* (3ª ed., 5-21).
- Chokroverty, S. (2011). Capítulo 3: privación de sueño y somnolencia. En S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los trastornos del sueño* (3ª ed., 22-28).
- Conley, S., Knies, A., Batten, J., Ash, G., Miner, B., Hwang, Y., Jeon, S. y Redeker, N. S. (2019). Agreement Between Actigraphic and

- Polysomnographic Measures of Sleep in Adults With and Without Chronic Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 46, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2019.05.001>
- Watson, N. F., Badr, M. S., Belenky, G., Bliwise, D. L., Buxton, O. M., Buysse, D., *et al.* (2015). Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society on the Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: Methodology and Discussion. *Sleep Medicine Reviews*, 38(8), 1161-1183. <https://doi.org/10.5665/sleep.4886>
- Cordero, J., Pereda, M. y Ordax, E. (2015). Capítulo 29: epidemiología de los trastornos del sueño. En Sociedad Española de Sueño, *Tratado de medicina del sueño* (299-302). Editorial Médica Panamericana.
- Dawson, D. y McCulloch, K. (2005). Managing Fatigue: It's About Sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 9(5), 365-380. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2005.03.002>
- Dawson, D. y Reid, K. (1997). Fatigue, Alcohol and Performance Impairment. *Nature*, 388(6639), 235. <https://doi.org/10.1038/40775>
- Dawson, D., Chapman, J. y Thomas, M. J. (2012). Fatigue-Proofing: A New Approach to Reducing Fatigue-Related Risk Using the Principles of Error Management. *Sleep Medicine Reviews*, 16(2), 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2011.05.004>
- Dawson, D., Searle, A. K. y Paterson, J. L. (2014). Look Before you (S)leep: Evaluating the Use of Fatigue Detection Technologies Within a Fatigue Risk Management System for the Road Transport Industry. *Sleep Medicine Reviews*, 18(2), 141-152. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2013.03.003>
- Dawson, D., Darwent, D. y Roach, G. D. (2017). How Should a Bio-Mathematical Model Be Used Within a Fatigue Risk Management System to Determine Whether or not a Working Time Arrangement Is Safe? *Accident Analysis and Prevention*, 99(part B), 469-473. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.11.032>
- Department of the Army. (2020). Chapter 11: Sleep Readiness. En Walter Reed Army Institute of Research (Ed.), FM 7-22. *Holistic Health and Fitness* (Número de octubre, p. 244). <https://>

[media.defense.gov/2023/Jul/27/2003268908/-1/-1/1/H2F-FM-7-22-2020.PDF](https://media.defense.gov/2023/Jul/27/2003268908/-1/-1/1/H2F-FM-7-22-2020.PDF)

- Dirección General de Educación del Ejército. (2014). *Directiva 2014-1: Bases para el planeamiento e implementación de intervenciones en los cursos de TOE*. Campo de Mayo, Argentina.
- Dorrian, J., Rogers, N. L. y Dinges, D. F. (2019). Psychomotor Vigilance Performance: Neurocognitive Assay Sensitive to Sleep Loss. En C. Kushida (Ed.), *Sleep Deprivation* (39-70).
- Escobar-Córdoba, F. y Eslava-Schmalbach, J. (2005). Validación colombiana del índice de calidad de sueño de Pittsburgh. *Revista de neurología*, 40(3), 150-155.
- Evans, C. P. (2010) (18 de febrero de 2025). Military Maintainer & Groundcrew Working Hours and Fatigue Risk Management. Royal Aeronautical Society. [https://www.raes-hfg.com/engineering-standing-group/avmaint/HFG-E\\_FatiguePaper\\_05feb12.pdf](https://www.raes-hfg.com/engineering-standing-group/avmaint/HFG-E_FatiguePaper_05feb12.pdf)
- Evans, W. J. y Lambert, C. P. (2007). Physiological Basis of Fatigue. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(1), 29-46. <https://doi.org/10.1097/phm.0b013e31802ba53c>
- Fletcher, A., Wesensten, N., Kandelaars, K. y Balkin, T. (2012). Chapter 3: Measuring and Predicting Sleep and Performance During Military Operations. En Walter Reed Army Institute of Research, *Military Quantitative Physiology: Problems and Concepts in Military Operational Medicine*. Silver Spring, Maryland, Estados Unidos.
- Folgueira, A. (2022). Cronobiología del aislamiento antártico: la utilización de la base Belgrano II como modelo de desincronización biológica y análogo espacial. [Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Médicas, Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María de los Buenos Aires"]. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/19395>
- Folgueira, A., Simonelli, G., Plano, S., Tortello, C., Cuiuli, J. M., Blanchard, A., *et al.* (2019). Sleep, Napping and Alertness During an Overwintering Mission at Belgrano II Argentine Antarctic Station. *Scientific Reports*, 9(1), 10875. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46900-7>
- Foster, R. G. y Wulff, K. (2005). The Rhythm of Rest and Ex-

cess. *Nature Reviews. Neuroscience*, 6(5), 407-414. <https://doi.org/10.1038/nrn1670>

Franklin, K. A. y Lindberg, E. (2015). Obstructive Sleep Apnea Is a Common Disorder in the Population—A Review on the Epidemiology of Sleep Apnea. *Journal of Thoracic Disease*, 7(8), 1311-1322. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.06.11>

Franzen, P. y Buysse, D. (2011). Capítulo 32: privación de sueño y somnolencia. En S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los trastornos del sueño* (3ª ed., p. 544).

Frone, M. R. y Blais, A. R. (2019). Work Fatigue in a Non-Deployed Military Setting: Assessment, Prevalence, Predictors, and Outcomes. *International journal of environmental research and public health*, 16(16), 2892. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162892>

Gander, P., Hartley, L., Powell, D., Cabon, P., Hitchcock, E., Mills, A. y Popkin, S. (2011). Fatigue Risk Management: Organizational Factors at the Regulatory and Industry/Company Level. *Accident Analysis and Prevention*, 43(2), 573-590. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.11.007>

Gehrman, P. (18 de febrero de 2025). *Sleep Problems in Veterans with PTSD*. National Center for PTSD, United States Department of Veterans Affairs. [https://www.ptsd.va.gov/professional/treat/cooccurring/sleep\\_problems\\_vets.asp](https://www.ptsd.va.gov/professional/treat/cooccurring/sleep_problems_vets.asp)

Georgescu, M. F., Fischer, I. C., Beydoun, M. A., McCarthy, E., DeViva, J. C. y Pietrzak, R. H. (2025). Posttraumatic Stress Disorder and Insomnia in US Military Veterans: Prevalence, Correlates, and Psychiatric and Functional Burden. *Journal of Sleep Research*, 34(1), 14269. <https://doi.org/10.1111/jsr.14269>

Gibson, N., Drain, J. R., Larsen, P., Williams, S., Groeller, H. y Sampson, J. A. (2023). Subjective Measures of Workload and Sleep in Australian Army Recruits; Potential Utility as Monitoring Tools. *Military medicine*, 188(3-4), 670-677. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab551>

Gillberg, M., Kecklund, G. y Akerstedt, T. (1994). Relations Between Performance and Subjective Ratings of Sleepiness During a Night Awake. *Sleep*, 17(3), 236-241. <https://doi.org/10.1093/sleep/17.3.236>

- Golombek, D. (2007). Introducción: la máquina del tiempo. En *Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad* (2ª ed., pp. 21-31). Colecciones Biomedicina.
- Good, C. H., Brager, A. J., Capaldi, V. F. y Mysliwiec, V. (2020). Sleep in the United States Military. *Neuropsychopharmacology: Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 45(1), 176-191. <https://doi.org/10.1038/s41386-019-0431-7>
- Gurubhagavatula, I., Barger, L. K., Barnes, C. M., Basner, M., Boivin, D. B., Dawson, D., *et al.* (2021). Guiding Principles for Determining Work Shift Duration and Addressing the Effects of Work Shift Duration on Performance, Safety, and Health: Guidance from the American Academy of Sleep Medicine and the Sleep Research Society. *JCSM: Journal of Clinical Sleep Medicine. Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 17(11), 2283-2306. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9512>
- Hafner, M., Stepanek, M., Taylor, J., Troxel, W. M. y van Stolk, C. (2017). Why Sleep Matters—The Economic Costs of Insufficient Sleep: A Cross-Country Comparative Analysis. *RAND Health Quarterly*, 6(4), 11.
- Harris, W. C., Hancock, P. A. y Harris, S. C. (2005). Information Processing Changes Following Extended Stress. *Military Psychology*, 17(2), 115-128. [https://doi.org/10.1207/s15327876mp1702\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327876mp1702_4)
- Harrison, E., Glickman, G. L., Beckerley, S. y Taylor, M. K. (2017). Self-Reported Sleep During U.S. Navy Operations and the Impact of Deployment-Related Factors. *Military Medicine*, 182(1), 189-194. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-16-00078>
- Hilditch, C. J., Dorrian, J. y Banks, S. (2017). A Review of Short Naps and Sleep Inertia: Do Naps of 30 Min or Less Really Avoid Sleep Inertia and Slow-Wave Sleep? *Sleep Medicine*, 32, 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.12.016>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., *et al.* (2015). National Sleep Foundation's Sleep Time Duration Recommendations: Methodology and Results Summary. *Sleep Health*, 1(1), 40-43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R. y Dement, W. C. (1973).

- Quantification of Sleepiness: A New Approach. *Psychophysiology*, 10(4), 431-436. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1973.tb00801.x>
- Honn, K. A., Van Dongen, H. P. A. y Dawson, D. (2019). Working Time Society Consensus Statements: Prescriptive Rule Sets and Risk Management-Based Approaches for the Management of Fatigue-Related Risk in Working Time Arrangements. *Industrial health*, 57(2), 264-280. <https://doi.org/10.2486/indhealth.SW-8>
- James, S. M., Honn, K. A., Gaddameedhi, S. y Van Dongen, H. P. A. (2017). Shift Work: Disrupted Circadian Rhythms and Sleep-Implications for Health and Well-Being. *Current sleep medicine reports*, 3(2), 104-112. <https://doi.org/10.1007/s40675-017-0071-6>
- Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., *et al.* (2021). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine*, 51(10), 2029-2050. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01502-0>
- Johns M. W. (1991). A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14(6), 540-545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>
- Jurado Luque, M. J., *et al.* (2016). Sueño saludable: evidencias y guías de actuación. Documento oficial de la Sociedad Española de Sueño. *Revista de neurología*, 63(2), 1-27.
- Kanki, B. y Hobbs, A. (2018). Chapter 14. Organizational factors and safety culture. En T. Sgobba, B. Kanki, J. F. Clervoy y G. Mjeldheim Sandal (Eds.), *Space Safety and Human Performance* (pp. 621-651). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101869-9.00014-5>
- Koenen, K. C., Ratanatharathorn, A., Ng, L., McLaughlin, K. A., Bromet, E. J., Stein, D. J., *et al.* (2017). Posttraumatic Stress Disorder in the World Mental Health Surveys. *Psychological Medicine*, 47(13), 2260-2274. <https://doi.org/10.1017/S0033291717000708>
- Kok, B. C., Herrell, R. K., Thomas, J. L. y Hoge, C. W. (2012). Posttraumatic Stress Disorder Associated With Combat Service in Iraq or Afghanistan: Reconciling Prevalence Differences Between Studies. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 200(5),

444-450. <https://doi.org/10.1097/NMD.0b013e3182532312>

- Lentino, C. V., Purvis, D. L., Murphy, K. J. y Deuster, P. A. (2013). Sleep as a Component of the Performance Triad: The Importance of Sleep in a Military Population. *U.S. Army Medical Department Journal*, 98-108.
- Lieberman, H. R., Bathalon, G. P., Falco, C. M., Kramer, F. M., Morgan, C. A. y Niro, P. (2005). Severe Decrements in Cognition Function and Mood Induced by Sleep Loss, Heat, Dehydration, and Under-nutrition During Simulated Combat. *Biological Psychiatry*, 57(4), 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.11.014>
- Lieberman, H. R., Bathalon, G. P., Falco, C. M., Morgan, C. A., 3rd, Niro, P. J. y Tharion, W. J. (2005). The Fog of War: Decrements in Cognitive Performance and Mood Associated With Combat-Like Stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76(7), 7-14.
- Lieberman, H. R., Niro, P., Tharion, W. J., Nindl, B. C., Castellani, J. W. y Montain, S. J. (2006). Cognition During Sustained Operations: Comparison of a Laboratory Simulation to Field Studies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77(9), 929-935.
- Liu, J., Ramakrishnan, S., Laxminarayan, S., Balkin, T. J. y Reifman, J. (2017). Real-Time Individualization of the Unified Model of Performance. *Journal of Sleep Research*, 26(6), 820-831. <https://doi.org/10.1111/jsr.12535>
- Lo Presti, M. L. (2016). The Impact of Insufficient Sleep on Combat Mission Performance. *Military Behavioral Health*, 4 (4), 356-363. <https://doi.org/10.1080/21635781.2016.1181585>
- Macías Fernández, J. y Royuela Rico, A. (1996). La versión española del Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh. *Informaciones psiquiátricas*, 146, 465-472.
- Mader, E. C., Jr, Mader, A. C. L. y Singh, P. (2022). Insufficient Sleep Syndrome: A Blind Spot in Our Vision of Healthy Sleep. *Cureus*, 14(10), 30928. <https://doi.org/10.7759/cureus.30928>
- Mantua, J., Bessey, A. F., Ritland, B. M., Naylor, J. A., Chabuz, R., McKeon, A. B., *et al.* (2020). Sleep Loss Is Related to Unstable Stationary Balance in U.S. Army Soldiers in an Operationally-Relevant Context. *Sleep Medicine*, 73, 130-134. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2020.04.011>

- Mantua, J., Bessey, A., Sowden, W. J., Chabuz, R., Brager, A. J., Capaldi, V. F., *et al.* (2019). A Review of Environmental Barriers to Obtaining Adequate Sleep in the Military Operational Context. *Military Medicine*, 184(7-8), 259-266. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz029>
- Mantua, J., Ritland, B. M., Naylor, J. A., Simonelli, G., Mickelson, C. A., Choynowski, J. J., *et al.* (2023). Physical Sleeping Environment Is Related to Insomnia Risk and Measures of Readiness in US Army Special Operations Soldiers. *BMJ Military Health*, 169(4), 316-320. <https://doi.org/10.1136/bmjmilitary-2021-001801>
- Maski, K., Trotti, L. M., Kotagal, S., Robert Auger, R., Rowley, J. A., Hashmi, S. D., *et al.* (2021). Treatment of Central Disorders of Hypersomnolence: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *JCSM: Journal of Clinical Sleep Medicine. Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 17(9), 1881-1893. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9328>
- Mediano, O., González Mangado, N., Montserrat, J. M., Alonso-Álvarez, M. L., Almendros, I., Alonso-Fernández, A., *et al.* (2022). Documento internacional de consenso sobre apnea obstructiva del sueño. *Archivos de bronconeumología*, 58(1), 52-68. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2021.03.017>
- Merino Andréu, M., *et al.* (2016). Sueño saludable: evidencias y guías de actuación. Documento oficial de la Sociedad Española de Sueño. *Revista de neurología*, 63, 1-27.
- Ley 11544 de 1929. Jornada de trabajo. 12 de septiembre de 1929. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anejos/60000-64999/63368/texact.htm>
- Murray William, J. (1991). A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14(6), 540-545. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2007.08.004>
- Mysliwiec, V., Gill, J., Lee, H., Baxter, T., Pierce, R., Barr, T. L., Krakow, B. y Roth, B. J. (2013). Sleep Disorders in US Military Personnel: A High Rate of Comorbid Insomnia and Obstructive Sleep Apnea. *Chest*, 144(2), 549-557. <https://doi.org/10.1378/chest.13-0088>
- Nogueira, F., Borsini, E., Cambursano, H., Marcela, S., Dibur, E.,

- Franceschini, C., *et al.* (2019). Guías prácticas de diagnóstico y tratamiento del síndrome de apneas e hipopneas obstructivas del sueño: Actualización 2019. Sección sueño, oxigenoterapia y tratamientos crónicos domiciliarios. Asociación Argentina de Medicina Respiratoria. *Revista americana de medicina respiratoria*, 19(1), 59-90. [https://www.aamr.org.ar/biblioteca/consensos/guias\\_sueno\\_aamr\\_2018-2019.pdf](https://www.aamr.org.ar/biblioteca/consensos/guias_sueno_aamr_2018-2019.pdf)
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2012). *Doc 9966. Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación*. OACI.
- Otmani, S., Pebayle, T., Roge, J. y Muzet, A. (2005). Effect of Driving Duration and Partial Sleep Deprivation on Subsequent Alertness and Performance of Car Drivers. *Physiology & Behavior*, 84(5), 715-724. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.02.021>
- Phillips, R., Kecklund, G., Anund, A. y Sallinen, M. (2017). Fatigue in Transport: A Review of Exposure, Risks, Checks and Controls. *Transport Reviews*, 37(6) 742-766. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1349844>
- Priezjev, N. V., Vital-Lopez, F. G. y Reifman, J. (2023). Assessment of the Unified Model of Performance: Accuracy of Group-Average and Individualised Alertness Predictions. *Journal of Sleep Research*, 32(2), 13626. <https://doi.org/10.1111/jsr.13626>
- Puertas Cuesta, F. J., Prieto Prieto, F., Sánchez Andrés, J. V. y Aguirre Mardones, C. (2015). Capítulo 1: neurobiología del ciclo sueño-vigilia. Modificaciones fisiológicas durante el sueño. En J. Montserrat Canal y F. J. Puertas Cuesta (Eds.), *Patología básica del sueño* (pp. 1-11).
- Ramakrishnan, S., Wesensten, N. J., Balkin, T. J. y Reifman, J. (2016). A Unified Model of Performance: Validation of its Predictions across Different Sleep/Wake Schedules. *Sleep*, 39(1), 249-262. <https://doi.org/10.5665/sleep.5358>
- Redeker, N. S., Caruso, C. C., Hashmi, S. D., Mullington, J. M., Grandner, M. y Morgenthaler, T. I. (2019). Workplace Interventions to Promote Sleep Health and an Alert, Healthy Workforce. *JCSM: Journal of Clinical Sleep Medicine. Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 15(4), 649-657. <https://doi.org/10.5664/jcsm.7734>

- Reifman, J., Ramakrishnan, S., Liu, J., Kapela, A., Doty, T. J., Balkin, T. J., *et al.* (2019). 2B-Alert App: A Mobile Application for Real-Time Individualized Prediction of Alertness. *Journal of Sleep Research*, 28(2), 12725. <https://doi.org/10.1111/jsr.12725>
- Riemann, D., Espie, C. A., Altena, E., Arnardottir, E. S., Baglioni, C., Bassetti, C. L. A., *et al.* (2023). The European Insomnia Guideline: An Update on the Diagnosis and Treatment of Insomnia 2023. *Journal of Sleep Research*, 32(6), 14035. <https://doi.org/10.1111/jsr.14035>
- Rosekind, M. R., Gregory, K. B., Mallis, M. M., Brandt, S. L., Seal, B. y Lerner, D. (2010). The Cost of Poor Sleep: Workplace Productivity Loss and Associated Costs. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(1), 91-98. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181c78c30>
- Ruggiero, J. S. y Redeker, N. S. (2014). Effects of Napping on Sleepiness and Sleep-Related Performance Deficits in Night-Shift Workers: A Systematic Review. *Biological Research for Nursing*, 16(2), 134-142. <https://doi.org/10.1177/1099800413476571>
- Sack, R. L., Auckley, D., Auger, R. R., Carskadon, M. A., Wright, K. P., Jr, Vitiello, M. V., *et al.* (2007). Circadian Rhythm Sleep Disorders: Part I, Basic Principles, Shift Work and Jet Lag Disorders. An American Academy of Sleep Medicine Review. *Sleep*, 30(11), 1460-1483. <https://doi.org/10.1093/sleep/30.11.1460>
- Sack, R. L. (2010). Clinical Practice. Jet Lag. *The New England Journal of Medicine*, 362(5), 440-447. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp0909838>
- Samel, A., Wegmann, H. M., Vejvoda, M., Drescher, J., Gundel, A., Manzey, D., *et al.* (1997). Two-Crew Operations: Stress and Fatigue During Long-Haul Night Flights. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68(8), 679-687.
- Sarraís, F. y de Castro Manglano, P. (2007). El insomnio. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 30(1), 121-134.
- Thorpy, M. (2011). Capítulo 20: clasificación de los trastornos del sueño. En S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los trastornos del sueño* (3ª ed., pp. 284-294).
- Tortello, C. (2020). La Antártida como modelo de desincronización

- circadiana: el impacto del fotoperíodo extremo y la duración del aislamiento sobre parámetros circadianos, la afectividad y el desempeño cognitivo. [Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Médicas, Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María de los Buenos Aires"]. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/11363>
- Tortello, C., Folgueira, A., López, J. M., Didier Garnham, F., Sala Lozano, E., Rivero, M. S., *et al.* (2023). Chronotype Delay and Sleep Disturbances Shaped by the Antarctic Polar Night. *Scientific Reports*, 13(1), 15957. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43102-0>
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP 14572E: An Introduction to Managing Fatigue*. Edu.au. Canadá.
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP14574E: Employee Training Assessment*. Edu.au. Canadá.
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP14575E: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System*. Edu.au. Canadá.
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP14576E: Policies and Procedures Development Guidelines*. Edu.au. Canadá.
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP14577E: Introduction to Fatigue Audit Tools*. Edu.au. Canadá.
- Transport Canada. (2007). Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry. *TP14578E: Trainer's Handbook*. Edu. au. Canadá.
- Transport Canada. (2011). *Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System*. Edu.au. Canadá.
- Troxel, W. M. (2015). Sleep Problems and Their Impact on US Service Members. *Rand Corp*, 180(1), 4-6.
- van den Berg, M. J., Wu, L. J. y Gander, P. H. (2016). Subjective Measurements of In-Flight Sleep, Circadian Variation, and Their Relationship with Fatigue. *Aerospace Medicine and Human Perfor-*

- mance, *87*(10), 869-875. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4587.2016>
- Van Dongen, H. P., Maislin, G., Mullington, J. M. y Dinges, D. F. (2003). The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology from Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation. *Sleep*, *26*(2), 117-126. <https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117>
- Van Someren E. J. (2006). Mechanisms and Functions of Coupling Between Sleep and Temperature Rhythms. *Progress in Brain Research*, *153*, 309-324. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)53018-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)53018-3)
- Vanderburgh P. M. (2008). Occupational Relevance and Body Mass Bias in Military Physical Fitness Tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(8), 1538-1545. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817323ee>
- Vigo, D. E. La Antártida como modelo de desincronización biológica y análogo espacial. En L. A. Quesada-Allué (Comp.), *Patagonia: investigaciones y futuro*. Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2024. <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2024/05/Patagonia.pdf>
- Vrijkkotte, S., Roelands, B., Meeusen, R. y Pattyn, N. (2016). Sustained Military Operations and Cognitive Performance. *Aerospace Medicine and Human Performance*, *87*(8), 718-727. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4468.2016>
- Walker, M. P. (2008). Cognitive Consequences of Sleep and Sleep Loss. *Sleep Medicine*, *9*(1), 29-34. [https://doi.org/10.1016/S1389-9457\(08\)70014-5](https://doi.org/10.1016/S1389-9457(08)70014-5)
- Watson, N. F., Badr, M. S., Belenky, G., Bliwise, D. L., Buxton, O. M., Buysse, D., *et al.* (2015). Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, *38*(6), 843-844. <https://doi.org/10.5665/sleep.4716>
- Whitmire, A., Leveton, L. B., Barger, L., Brainard, G., Dinges, D. F., Klerman, E., *et al.* (2009). Risk of Performance Errors Due to Sleep Loss, Circadian Desynchronization, Fatigue, and Work Overload. En J. C. McPhee and J. B. Charles (Eds.), *Human Health and Performance Risks of Space Exploration Missions* (pp. 85-

116). [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Risk\\_of\\_performance\\_errors\\_due\\_to\\_sleep\\_loss%2C\\_circadian\\_desynchronization%2C\\_fatigue%2C\\_and\\_work\\_overload.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Risk_of_performance_errors_due_to_sleep_loss%2C_circadian_desynchronization%2C_fatigue%2C_and_work_overload.pdf)



## **Autoras y autores** (en orden alfabético)



De izquierda a derecha:  
Agustín Folgueira, Daniel Vigo, Malena Mul Fedele y Facundo Etchehún.

### **AGUSTÍN LEANDRO FOLGUEIRA**

Es médico egresado de la Universidad de Buenos Aires con Diploma de Honor. Es especialista en Clínica Médica y Neurología, doctor en Ciencias Biomédicas (Universidad Católica Argentina); está acreditado en medicina del sueño (Asociación Argentina en Medicina del Sueño). Es capitán médico del Ejército Argentino. Actualmente, presta servicios en la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad de la Defensa Nacional.

### **MALENA LIS MUL FEDELE**

Es licenciada en Biotecnología y doctora en Ciencia y Tecnología por la Universidad Nacional de Quilmes. Asimismo, es investigadora asistente CONICET en el Instituto de Investigaciones Biomédicas

(BIOMED, UCA-CONICET), profesora adjunta en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Católica Argentina y docente del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes.

## **DANIEL EDUARDO VIGO**

Es médico, especialista en estadística para Ciencias de la Salud y doctor en Ciencias Fisiológicas por la Universidad de Buenos Aires y especialista en Clínica Médica (Ministerio de Salud). Asimismo, es investigador independiente del CONICET (Instituto de Investigaciones Biomédicas BIOMED, UCA-CONICET). También es profesor titular en la Facultad de Ciencias Médicas, (Universidad Católica Argentina).

## **FACUNDO ETCHEHUN (COLABORADOR)**

Es oficial del arma de infantería del Ejército Argentino y licenciado en Conducción y Gestión Operativa. Se desempeñó como instructor en la Escuela Militar de Montaña "Tte. Grl. Juan Domingo Perón", donde desarrolló estudios de investigación acerca del sueño y el rendimiento militar. Actualmente, presta servicios en la Compañía de Cazadores de Montaña 6 con asiento en Primeros Pinos, Neuquén.

En escenarios de alta exigencia física y mental, la privación del sueño puede comprometer la toma de decisiones, la resistencia y la capacidad de respuesta ante situaciones críticas. Conscientes de esta realidad, la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad de la Defensa Nacional ha desarrollado el presente Manual de gestión de sueño y riesgos asociados a la fatiga, una herramienta destinada a optimizar el descanso y maximizar la preparación operativa del personal en operaciones militares.



ISBN 978-951-90346-5-3



9 786319 1034653