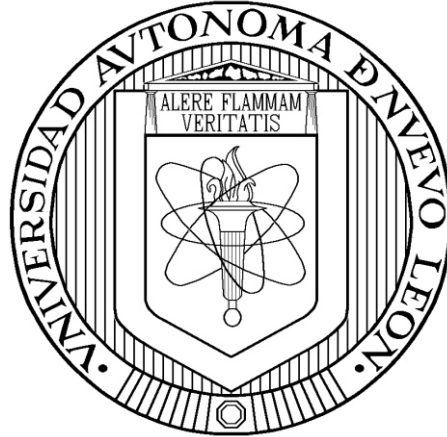


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE PSICOLOGÍA



TESIS

**EFFECTOS DE LA PRIVACIÓN PARCIAL DEL DORMIR SOBRE LOS
COMPONENTES FONOLÓGICO Y VISOESPACIAL DE LA MEMORIA DE
TRABAJO**

PRESENTA

JACQUELINE DEL ANGEL CRUZ

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR
EN FILOSOFÍA CON ESPECIALIDAD EN PSICOLOGÍA**

FEBRERO, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



TESIS

**EFFECTOS DE LA PRIVACIÓN PARCIAL DEL DORMIR SOBRE LOS
COMPONENTES FONOLÓGICO Y VISOESPACIAL DE LA MEMORIA DE
TRABAJO**

PRESENTA

JACQUELINE DEL ANGEL CRUZ

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR
EN FILOSOFÍA CON ESPECIALIDAD EN PSICOLOGÍA**

MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO,

FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE PSICOLOGIA
SUBDIRECCION DE POSGRADO E INVESTIGACION

DOCTORADO EN FILOSOFÍA CON ESPECIALIDAD EN PSICOLOGIA

La presente tesis titulada “Efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo” presentada por Jacqueline Del Angel Cruz ha sido aprobada por el comité de tesis.

Dr. Pablo Valdez Ramírez
Director de tesis

Dra. Xóchitl Angélica Ortiz Jiménez
Revisor

Dra. Ma. Candelaria Ramírez Tule
Revisor

Dra. María Asunción Del Carmelo Corsi Cabrera
Revisor Externo

Dra. Irma Yolanda Del Río Portilla
Revisor Externo

Monterrey, N. L., México, Febrero de 2017

Estamos hechos de la misma materia que los sueños
y nuestra pequeña vida termina durmiendo

William Shakespeare
(1564-1616)

Dedicatoria

Con amor para mi pequeño Fer

Agradecimientos

Al esfuerzo y dedicación de los participantes que colaboraron en este proyecto.

A los Doctores Pablo Valdez, Candelaria Ramírez y Aída García, por guiarme y apoyarme.

A la Dra. Corsi Cabrera y a la Dra. Del Río Portilla, por su invaluable apoyo y enriquecer mi trabajo con sus enseñanzas.

A la Dra. Xóchitl Ortiz por guiarme, apoyarme y brindarme su amistad.

Al Dr. José Armando Peña Moreno y al Dr. Álvaro Antonio A. Aguillón Ramírez, por el apoyo que me brindaron durante la realización de mis estudios.

A mis padres Felipe y Eufrasia y mi querido hermano Luis por amarme, cuidarme y apoyarme siempre.

A Rosa Elena Del Angel, Fabiola Salinas, Miriam Gallardo y Diana Juárez, por su amistad y compañía en la adversidad de la vida.

A Fernando Salinas por sus invaluable enseñanzas de vida, apoyarme y por el tiempo compartido.

A mis familiares, amigos y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo en los buenos y en los malos momentos.

Y en especial a Dios por concederme serenidad para aceptar las cosas que no podía cambiar, valor para cambiar las que sí podía y sabiduría para discernir la diferencia.

Resumen

Efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo

La privación del dormir afecta el desempeño de tareas y de actividades que dependen de procesos cognitivos básicos como la memoria de trabajo. La memoria de trabajo tiene dos componentes uno fonológico y otro visoespacial. El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la privación parcial del dormir a 4 horas diarias, durante 5 días, sobre los componentes de la memoria de trabajo. Participaron 13 estudiantes universitarios voluntarios (18.77 ± 2.20 años de edad), 5 hombres y 8 mujeres, quienes respondieron las tareas N-Back auditiva y visual, con tres secciones cada una (0, 1 y 2-Back). Las tareas fueron contestadas a las 13:00 h, en las siguientes condiciones: antes de la privación parcial (control; C); durante la privación parcial con reducción del dormir a cuatro horas: se registraron el primer día (RD1), el cuarto día (RD4) y el quinto día (RD5); así como después de una noche de recuperación del dormir (recuperación; R). Antes de la reducción del dormir, los participantes durmieron $7:43 \pm 1:01$, entre las $24:00 \pm 1:33$ h y las $07:43 \pm 1:26$ h. Durante la reducción durmieron $4:08 \pm 0:20$ h, entre las $02:06 \pm 0:32$ h y las $06:14 \pm 0:32$ h. En el quinto día de la reducción del dormir disminuyó el porcentaje de respuestas correctas en la sección 2-Back de la tarea auditiva ($C = 87.86 \pm 13.35\%$; $RD5 = 74.76 \pm 16.37\%$; $F = 14.57$, $p < 0.01$). También se observó una disminución del porcentaje de respuestas correctas, en el primero y quinto día de reducción del dormir en la sección 2-Back de la tarea visual ($C = 88.10 \pm 9.95\%$; $RD1 = 82.45 \pm 11.57\%$; $RD5 = 77.76 \pm 14.14\%$; $F = 10.80$, $p < 0.05$) y en el tiempo de reacción de esta misma tarea ($C = 810.02 \pm 173.96$ ms; $RD1 = 913.51 \pm 172.25$ ms; $RD5 = 874.78 \pm 172.27$ ms; $F = 10.80$, $p < 0.05$). En conclusión, la privación parcial del dormir a cuatro horas diarias durante cinco días consecutivos, afecta al componente fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo. Esto implica

dificultades para procesar información verbal y para resolver problemas que requieren un análisis espacial.

Palabras clave: Privación parcial del dormir, memoria de trabajo, componente fonológico y visoespacial.

Abstract

Effects of sleep reduction on the phonological and visuospatial components of working memory

Partial sleep deprivation impairs the performance of tasks and activities, which rely on basic cognitive process, such as working memory, which has two storage components: phonological and visuospatial component. The objective of this study was to analyze the effects of partial sleep deprivation to four hours daily during five days, on the storage components of working memory. Thirteen undergraduate students (18.77 ± 2.20 years of age), 5 men and 8 women, responded two N-Back tasks (auditory and visual), with three sections each (0, 1 and 2-Back). These tasks were performed at 13:00 h under the following conditions: before partial sleep deprivation with reduction (control; C), on the first (SR1), fourth (SR4), and fifth (SR5) days of sleep reduction (4 h of sleep per day), and one day after they slept freely (recovery, R). Before sleep reduction, the participants slept $7:43 \pm 1:01$ between $24:00 \pm 1:33$ h and $07:43 \pm 1:26$ h). During the sleep reduction slept $4:08 \pm 0:20$ h between $02:06 \pm 0:32$ h and $06:14 \pm 0:32$ h. Sleep reduction produced a decrement in accuracy on the auditory 2-Back section the fifth day of sleep reduction ($C = 87.86 \pm 13.35\%$; $SRD5 = 74.76 \pm 16.37\%$; $F = 14.57$, $p < 0.01$). In the visual 2-Back section accuracy decreased ($C = 88.10 \pm 9.95\%$; $SR1 = 82.45 \pm 11.57\%$; $SRD5 = 77.76 \pm 14.14\%$; $F = 10.80$, $p < 0.05$), and reaction time increased ($C = 810.02 \pm 173.96$ ms; $SR1 = 913.51 \pm 172.25$ ms; $SRD5 = 874.78 \pm 172.27$ ms; $F = 10.80$, $p < 0.05$) on the first and fifth day of sleep reduction. In conclusion, five days of sleep reduction produces a decrease in the phonological and visuospatial storage components of working memory, which may interfere with processing verbal information and solving problems that require spatial analysis.

Keywords: Partial sleep deprivation, working memory, phonological storage, visuospatial storage.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Agradecimientos | V |
| Resumen..... | VI |
| Abstract..... | VIII |
| CAPITULO I | 1 |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| Definición del problema..... | 4 |
| Justificación de la investigación | 5 |
| Objetivo general..... | 6 |
| Objetivos específicos:..... | 6 |
| Hipótesis | 6 |
| Limitaciones y Delimitaciones | 7 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| MARCO TEÓRICO | 8 |
| Ciclo sueño-vigilia | 8 |
| El dormir..... | 8 |
| Nomenclatura del dormir..... | 11 |
| Etapas y fases del dormir..... | 12 |
| Teorías del dormir | 16 |
| Teoría de los ritmos biológicos o reostática | 16 |
| Teoría homeostática..... | 18 |
| Privación del dormir | 19 |
| Privación total..... | 20 |
| Privación parcial | 21 |
| Privación crónica | 21 |
| Privación selectiva..... | 22 |
| Somnolencia y cansancio | 23 |
| Procesos cognitivos | 25 |
| Memoria, teorías y modelos..... | 26 |
| Clasificación y procesos de la memoria | 29 |
| Memoria sensorial | 29 |
| Memoria a corto plazo | 30 |
| Memoria a largo plazo | 30 |
| Modelo de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch..... | 32 |
| <i>Memoria de trabajo</i> | 35 |

| | |
|---|----|
| Componente fonológico | 35 |
| Componente visoespacial | 37 |
| Componente episódico | 38 |
| Sistema ejecutivo central | 39 |
| <i>Evaluación de la memoria de trabajo</i> | 40 |
| Privación parcial del dormir y memoria de trabajo | 43 |
| CAPÍTULO III | 47 |
| MÉTODO | 47 |
| Participantes | 47 |
| Aparatos e instrumentos | 47 |
| <i>Carta de aceptación</i> | 47 |
| <i>Cuestionarios de datos generales</i> | 48 |
| <i>Cuestionario de autoevaluación de la fase circadiana</i> | 48 |
| <i>Cuestionario de trastornos del sueño</i> | 48 |
| <i>Diario del dormir</i> | 48 |
| <i>Escalas visuales analógicas de somnolencia y cansancio</i> | 49 |
| <i>Equipo de cómputo</i> | 49 |
| <i>Audífonos</i> | 49 |
| <i>Tareas para evaluar los componentes de la memoria de trabajo</i> | 50 |
| Tarea N-Back auditiva | 50 |
| Tarea N-Back visual | 51 |
| Procedimiento | 54 |
| Análisis de datos | 55 |
| CAPÍTULO IV | 56 |
| RESULTADOS | 56 |
| Autoevaluación de la fase circadiana | 56 |
| Inicio, despertar y duración del dormir | 56 |
| Somnolencia y cansancio | 59 |
| Componentes de la memoria de trabajo | 62 |
| <i>Componente fonológico</i> | 62 |
| <i>Componente visoespacial</i> | 69 |
| CAPÍTULO V | 75 |
| DISCUSIÓN | 75 |
| CONCLUSIONES | 79 |
| REFERENCIAS | 80 |
| ANEXOS | 99 |

| | |
|------------------|-----|
| Apéndice A..... | 100 |
| Apéndice B..... | 101 |
| Apéndice C | 102 |
| Apéndice D | 104 |
| Apéndice E..... | 107 |
| Apéndice F..... | 112 |
| Apéndice G | 113 |
| Apéndice H | 114 |

Índice de Tablas y Figuras

Tablas

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1. | Ciclo sueño-vigilia antes, durante y después de la privación del dormir | 57 |
| Tabla 2. | Somnolencia y cansancio antes, durante y después de la reducción del dormir | 59 |
| Tabla 3. | Somnolencia y cansancio durante cinco días de registro | 60 |
| Tabla 4. | Componente fonológico de la memoria de trabajo antes, durante y después de la reducción del dormir (desempeño tarea N-Back auditiva) | 63 |
| Tabla 5. | Componente visoespacial de la memoria de trabajo antes, durante y después de la reducción del dormir (desempeño tarea N-Back visual) | 70 |

Figuras

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Tarea N-Back auditiva | 52 |
| Figura 2. | Tarea N-Back visual | 53 |
| Figura 3. | Inicio, despertar y duración del dormir en las diferentes condiciones | 58 |
| Figura 4. | Somnolencia y cansancio durante cinco días de registro | 61 |
| Figura 5. | Porcentaje de respuestas correctas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back auditiva | 66 |
| Figura 6. | Porcentaje de respuestas erróneas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back auditiva | 67 |
| Figura 7. | Porcentaje de respuestas eliminadas y no contestadas en la tarea N-Back auditiva | 68 |
| Figura 8. | Porcentaje de respuestas correctas y tiempo de reacción en la tarea N-Back visual | 72 |
| Figura 9. | Porcentaje de respuestas erróneas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back visual | 73 |
| Figura 10. | Porcentaje de respuestas eliminadas y no contestadas en la tarea N-Back visual | 74 |

CAPITULO I

INTRODUCCION

Cuando las personas duermen bien, como en los días de descanso (fin de semana o vacaciones) se sienten alertas durante el día, descansadas y en óptimas condiciones para realizar sus actividades diarias. Sin embargo, cuando reducen la duración de su dormir debido a exigencias sociales, laborales o escolares, se producen cambios fisiológicos y cognitivos que afectan la salud física y mental de los individuos (Alhola & Polo-kantola, 2007; Banks & Dinges, 2007; Bonnet & Arand, 1995).

Existen evidencias claras de que la privación total afecta el desempeño de tareas cognitivas. Esto debido a que se observa que después de una privación de 24 o 72 h del dormir, se afecta el desempeño de tareas cognitivas como el test de vigilancia psicomotora (PVT), así como de tareas como la N-Back o la prueba Stroop (Alhola & Polo-kantola, 2007; Choo, Lee, Venkatraman, Sheu & Chee, 2005; Durmer & Dinges, 2005). Lo anterior supone, que la falta de sueño puede afectar procesos cognitivos básicos como la atención, las funciones ejecutivas y la memoria de trabajo, procesos que son elementales para la ejecución de una amplia gama de actividades (Van Dongen, Maislin, Mullington & Dinges, 2003) (Harrison & Horne, 2000). Así mismo, existen evidencias claras de que la privación total afecta la atención (Van Dongen, Maislin, Mullington & Dinges, 2003) y las funciones ejecutivas (Harrison & Horne, 2000). Sin embargo, en los estudios que evalúan la memoria de trabajo se observan contradicciones. Algunos trabajos reportan una reducción en las funciones de este proceso, en cambio otros no observan ningún efecto (Chee & Choo, 2004; Mu et al., 2005). Por otro lado, algunos estudios demuestran alteraciones en el componente fonológico de la memoria de trabajo, pero no en el componente visoespacial (Alhola & Polo-kantola, 2007). Es importante mencionar que para el desempeño de tareas verbales y visoespaciales se requiere la participación del componente fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo (Baddeley, 1992, 2003, 2012).

Por otra parte, la mayor parte de la población sufre privación parcial crónica del dormir (Groeger, Zijlstra & Dijk, 2004), esta situación implica que el número de horas que una persona duerme habitualmente por noche se reduce, y se vuelve crónica cuando se mantiene esta condición por varios días consecutivos (Banks & Dinges, 2011, 2007; Gómez, Chóliz & Carbonell, 2000; Luyster, Strollo, Zee & Walsh, 2012). La privación parcial crónica del dormir ocurre comúnmente durante la semana cuando en las personas que trabajan o estudian en horarios matutinos, debido a que tienen que levantarse temprano para ir a trabajar o estudiar. Sin embargo, tienden a ir a la cama más tarde debido a las actividades profesionales, sociales o recreativas (Alhola & Polo-kantola, 2007; Banks & Dinges, 2007; Bonnet & Arand, 1995). En esta condición, se observa claramente que procesos cognitivos básicos como la atención se afectan (Banks & Dinges, 2011; Lo, Groeger, Santhi, Arbon, Lazar, Hasan & Dijk, 2012; Van Dongen et al., 2003). Sin embargo, los efectos sobre la memoria de trabajo son variables y poco claros a diferencia de los efectos que se observan en una privación total del dormir (Drummond, Anderson, Straus, Vogel & Perez, 2012; Jiang, Vandyke, Zhang, Goza & Shen, 2011). Por lo que, es importante analizar sus efectos sobre el desempeño humano (Cajochen, Khalsa, Wyatt, Czeisler & Dijk, 1999; Durmer & Dinges, 2005; Freidmann, Globus, Huntley, Mullaney, Naitoh & Johnson, 1977; Killgore, 2010; Valdez, Reilly & Waterhouse, 2008).

La memoria de trabajo es un proceso básico, cuya función es mantener una cantidad limitada de información durante un periodo breve de tiempo, con el propósito de organizarla, diferenciarla y combinarla (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1983; Baddeley, 2003). De acuerdo al modelo de Baddeley & Hitch (1974), la memoria de trabajo tiene varios componentes: un componente fonológico, uno visoespacial y uno episódico, así como un ejecutivo central. La función de los primeros dos componentes involucra el almacenaje de información, mientras que el componente episódico y el sistema ejecutivo se relacionan con la regulación y el uso de la información almacenada. El componente fonológico se centra en procesar información auditiva relacionada con el habla, la lectura, la comprensión del lenguaje y la adquisición de

vocabulario (Baddeley, 1992, 2012). El componente visoespacial se encarga de procesar información visual, relacionada con, imágenes, así como la localización y ubicación de objetos en el espacio (Baddeley, 1996a, 1996b, 2012). El componente episódico, es un sistema independiente que interviene en la integración y transferencia de información entre los otros componentes de la memoria de trabajo (Baddeley & Hitch, 2000; Baddeley, 2000). El ejecutivo central es un componente que selecciona información relevante y la dirige a cada subsistema de memoria (Baddeley, 1996a).

Cada componente de la memoria de trabajo, requiere de la participación de diferentes estructuras cerebrales entre ellas la corteza parietal posterior del hemisferio izquierdo que se relaciona con el componente fonológico y por lo tanto con funciones de almacenaje y comprensión del lenguaje (Smith & Jonides, 1998). El giro frontal medial, surco frontal superior, surco intraparietal se relacionan con las funciones del componente visoespacial (Carlson, Martinkauppi, Rämä, Salli, Korvenoja & Aronen, 1998; Martinkauppi, Rämä, Aronen, Korvenoja & Carlson, 2000; Reuter-Lorenz, Jonides, Smith, Hartley, Miller, Marshuetz & Koeppel, 2000; Smith & Jonides, 1998). La corteza prefrontal ventrolateral se relaciona con el ejecutivo central (Nyberg, Marklund, Persson, Cabeza, Forkstam, Petersson & Ingvar, 2003).

Para evaluar el componente fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo, se han utilizado diferentes tareas como la N-Back. La tarea N-Back consiste en presentar una serie de estímulos, de los cuales, se tiene que indicar si el estímulo que se observa coincide o no con la posición del estímulo que se presentó n-posiciones atrás. Esta tarea se utiliza debido a que su diseño se ajusta al concepto de memoria de trabajo que plantea Baddeley (Baddeley & Hitch, 1974).

Los estudios sobre privación parcial del dormir reportan la disminución en la ejecución de tareas de tipo verbal (Jiang et al., 2011). Esto puede implicar que se afecte el componente fonológico de la memoria de trabajo. Sin embargo, en algunos estudios no se ha encontrado que la privación parcial del dormir afecte este componente de la memoria de trabajo (Casement, Broussard, Mullington &

Press, 2006; Lo et al., 2012). Por otro lado, no hay estudios que documenten los efectos de la privación parcial del dormir en la memoria de trabajo visoespacial. Por lo tanto, es necesario analizar cuales componentes de la memoria de trabajo se ven afectados con la privación parcial del dormir.

Definición del problema

En la actualidad es frecuente observar que las personas reducen la duración de su dormir, debido a exigencias sociales, del trabajo o la escuela. Esta reducción produce somnolencia, cansancio y un bajo rendimiento en las actividades diarias (Alhola & Polo-kantola, 2007; Herscovitch & Broughton, 1981; Jain, Mahajan & Babbbar, 2010). Así mismo se observa que las personas tienen dificultad para tomar decisiones, cometen errores o sufren accidentes (Banks & Dinges, 2007; Belenky, Wesensten, Thorne, Thomas, Sing, Redmond & Balkin, 2003; Groeger et al., 2004). De acuerdo a estos hallazgos, las deficiencias que se observan se podrían deber a que la privación del dormir afecta el funcionamiento del cerebro (Cajochen et al. 1999., Corsi, Ramos, Arce, Guevara, Ponce de León & Lorenzo, 1992; Corsi, Sanchez, Del Rio-Portilla, Villanueva & Perez-Garci, 2003; Corsi, 2008; Ferreira, Deslandes, Cagy, Pompeu, Basile & Ribeiro, 2006). Lo que implica que se afecten áreas específicas del cerebro que se relacionan con funciones de procesos cognitivos básicos, como la memoria de trabajo (Chee & Choo, 2004; Chee, Chuah, Venkatraman, Chan, Philip & Dinges, 2006; Choo, Lee, Venkatraman Sheu & Chee, 2005).

La memoria de trabajo es un proceso cognitivo básico que mantiene la información por un breve período de tiempo, lo que permite el análisis de la actividad que se está llevando a cabo (Baddeley, 1983, 1999a, 1999b). En este proceso intervienen el componente fonológico encargado de procesar información de tipo verbal y el visoespacial de información visual y espacial (Baddeley, Kopelman & Wilson, 2004; Baddeley, 1996a, 1996b).

Los estudios sobre privación del dormir y memoria de trabajo, refieren que

cuando las personas no duermen o duermen menos de lo habitual la memoria de trabajo se afecta (Banks & Dinges, 2007; Casement, Broussard, Mullington & Press, 2006; Lo et al., 2012; Stenuit & Kerkhofs, 2005; Van Dongen et al., 2003). Sin embargo, los resultados de estos estudios son generales o se centran en uno de los componentes de la memoria de trabajo. Esto implica, una dificultad para determinar qué efecto ejerce la privación parcial del dormir sobre las funciones de cada componente de la memoria de trabajo y por consiguiente cuáles actividades en la vida cotidiana se podrían alterar cuando las personas duermen menos de lo habitual. De esta forma, la pregunta de investigación de este trabajo es: ¿La privación parcial del dormir afecta al componente fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo?

Justificación de la investigación

En la actualidad, son pocos los estudios que abordan los efectos que ejerce la privación parcial del dormir sobre la memoria de trabajo. Los resultados de estas investigaciones son contradictorios, por un lado, se afirma que la privación parcial del dormir afecta la memoria de trabajo (Drummond et al., 2012; Jiang et al., 2011), en cambio otros hallazgos indican lo contrario (Casement et al., 2006; Lo et al., 2012). Estos resultados se fundamentan en datos obtenidos de la aplicación de tareas que evalúan simultáneamente los procesos de atención y memoria de trabajo. Así mismo, se determina la deficiencia en la memoria de trabajo a través de pruebas que evalúan la memoria de trabajo de forma general o solo uno de los componentes. Un ejemplo de ello, es la Tarea de Vigilancia Psicomotora (PVT) (Belenky et al., 2003; Dinges et al., 1997; Stenuit & Kerkhofs, 2005), el Paradigma de Reconocimiento de Sternberg (Casement et al., 2006), o la tarea de Memoria de Trabajo Verbal de Sternberg (Mu et al., 2005). Esto implica dificultad para determinar con precisión, cómo o de qué forma se afecta cada uno de sus componentes. Esta forma de evaluar y analizar la información, puede ser un factor que impide observar efectos claros de la privación parcial del dormir sobre la memoria de trabajo.

Por consiguiente, el presente trabajo se enfoca en analizar dos de los componentes de la memoria de trabajo que almacenan información: el fonológico y visoespacial. De esta forma, se pretende evaluar por separado los efectos de la privación parcial del dormir sobre estos componentes de la memoria de trabajo. Para evaluar específicamente cada componente, se utilizó la tarea N-Back auditiva para evaluar al componente fonológico y la N-Back visual para el componente visoespacial (Carlson et al., 1998; Vuontela et al., 2003).

Los resultados de este estudio permitirán explicar los efectos de la privación del dormir sobre los componentes fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo. Por tal motivo, el aporte de este estudio conllevará a profundizar y conocer más sobre los efectos que provoca la privación parcial del dormir sobre componentes específicos de la memoria de trabajo y las implicaciones sobre actividades cotidianas que dependen de este proceso cognitivo básico.

Objetivo general

Determinar los efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes fonológico y el componente visoespacial de la memoria de trabajo.

Objetivos específicos:

1. Determinar los efectos de la privación parcial del dormir durante cinco días consecutivos, sobre el componente fonológico de la memoria de trabajo.
2. Determinar los efectos de la privación parcial del dormir durante cinco días consecutivos, sobre el componente visoespacial de la memoria de trabajo.

Hipótesis

La reducción de la duración habitual del dormir a cuatro horas por noche durante cinco días consecutivos, disminuirá la capacidad para mantener

brevemente información que procesa el componente fonológico.

Limitaciones y Delimitaciones

Se utilizaron actígrafos como medida objetiva del ciclo sueño-vigilia. Sin embargo, los registros presentaron datos incompletos, motivo por el cual no fue posible considerarlos en este estudio. Esto implicó, carecer de un registro que permitiera medir de una forma objetiva, diversos parámetros del dormir, como: inicio, terminación y duración del dormir, la latencia de sueño y la eficiencia del sueño. Estas variables podrían presentar modificaciones durante la reducción del dormir de cuatro horas por noche, durante cinco días consecutivos. Además, sería importante analizar si los cambios en los parámetros mencionados con la reducción del dormir, producen cambios en los componentes de la memoria de trabajo. Por ello, sería conveniente que en otros estudios de privación del dormir se realicen registros con actigrafía u otro dispositivo que registre de forma automática el dormir, como lo es el polisomnógrafo. Los resultados que se obtengan con estos instrumentos, permitirá complementar y profundizar el conocimiento de los efectos de la privación parcial del dormir sobre la organización funcional del cerebro. Así mismo, se podrá conocer el ciclo sueño vigilia y cada una de las etapas que conforman el dormir.

Otra de las limitaciones que se tuvo en este estudio fue sobre la duración del registro por participante y su disponibilidad. Es decir, cada participante, tenían que acudir al laboratorio de forma consecutiva durante 5 días. Sin embargo, algunos participantes tuvieron actividades imprevistas en la escuela, con su familia y/o de salud, por lo cual el registro se canceló o se reprogramó. Por tal motivo, sólo se pudieron aplicar 1 o 2 registros de los 5 que se tenían programados. Esto impactó en la cantidad de participantes que tenían los registros completos, por tal motivo, sólo se reportan 13 registros en este estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Ciclo sueño-vigilia

El sueño y la vigilia son dos estados fisiológicos vitales en la vida de los seres vivos. Estos dos estados se interrelacionan e interactúan con los cambios de luz y oscuridad. Ambos estados conforman un ciclo que se repite cada 24 horas y se denomina ciclo sueño-vigilia (Aguilar 2007; Borbély, 1993; Carskadon & Dement, 2011; Valdez, 2015; Velayos, Moreles, Irujo, Yllanes & Paternain, 2007).

El término sueño deriva del latín “somnus” que se refiere al acto de dormir. Sin embargo, también se utiliza la palabra dormir para hacer referencia a este estado fisiológico. Este término proviene del latín “dormīre”, que hace referencia a estar en reposo e inactividad de los sentidos y de todo movimiento (Aguirre-Navarrete, 2007; Fernández & Vinagre, 2003). En esta tesis se utilizarán ambos términos indistintamente para referirnos a este estado.

En relación a la vigilia, el término procede del latín “vigilia” que significa estar despierto. Este concepto define a la vigilia como un estado que ocurre durante el día y en el que los seres vivos se mantienen despiertos, realizan actividades propias de la especie y establecen una interacción constante con el medio ambiente que los rodea (Golombek, 2001; Luce & Segal, 1981; Torterolo, 2010).

El dormir

El sueño a diferencia de la vigilia, se caracteriza por ser un estado fisiológico en el que disminuye la actividad fisiológica y cognitiva. Se observa generalmente durante la noche y se caracteriza por presentarse de forma periódica (Aldrich, 1999; Carskadon & Dement, 2011; Corsi, 1983; Fuller, et al., 2006; Luce & Segal, 1981; Velayos et al., 2007).

En el hombre, el dormir ocupar tres cuartas partes de su vida y durante el

tiempo que duermen las personas no se dan cuenta de su comportamiento, ni de lo que sucede en su entorno. El dormir del ser humano se distingue del de otras especies principalmente por la duración, que se determina en base al tiempo que una persona duerme. Este tiempo depende principalmente de las necesidades del individuo, de sus actividades, la edad y el cronotipo (Carskadon, 2002; Ferrara & De Genaro, 2001; Ursin, Bjorvatn & Holsten, 2005).

En lo que respecta a la necesidad del dormir, se define como la cantidad de horas que se requieren dormir para sentirse bien y descansados. En algún momento se consideró que dormir ocho horas eran suficientes para estar aptos y con ánimo de realizar las actividades cotidianas. Sin embargo, hay personas que necesitan dormir más tiempo para sentirse bien. Otros en cambio, con tan sólo dormir unas cuantas horas están en óptimas condiciones para integrarse a sus actividades cotidianas. Por ello, la cantidad de horas que se necesitan para dormir varía de persona a persona (Aldrich, 1999; Miró, Cano-Lozano & Buela-Casal, 2002; Valdez, 2015; Lieberman & Neubauer, 2007).

Otro factor que influye en la duración del dormir son las actividades que realizan las personas a lo largo de la semana, como lo es el trabajo o la escuela (Ursin, Bjorvatn & Holsten, 2005). Dichas actividades mantienen un horario fijo, ya sea en un turno matutino, vespertino o nocturno. Para acoplarse a los horarios y estar en óptimas condiciones, las personas deben establecer un horario de inicio del dormir, en el que se consideren las horas que requieren para sentirse descansados y los horarios en los que se acude al trabajo y la escuela (Alhola & Polo-kantola, 2007; Borbély, 1993; Valdez, Ramírez, García & Talamantes, 2008). Sin embargo, al llegar el fin de semana, estas actividades semanales se suspenden, y las personas tienen la oportunidad de dormir libremente hasta sentirse bien y descansadas (Andrade, Benedito-Silva, Domenice & Arnhold, 1993; Thorleifsdottir, Björnsson, Benediktsdottir, Gislason & Kristbjarnarson, 2002; Valdez, 1996). En cambio, cuando se retrasa o modifica el horario habitual del dormir, las horas en las que no se durmió se pierden y no se recuperan. Esto implica que las funciones del organismo se ajusten a los

cambios de horarios e incluso cuando no se duerme. A la capacidad de las personas para ajustarse a un nuevo horario, se le denomina plasticidad del dormir.

En relación con la edad, el dormir presenta variaciones a lo largo del desarrollo. En los primeros seis meses de vida la duración del dormir es de dieciséis a diecisiete horas. Durante esta etapa del desarrollo el dormir es polifásico, es decir, los infantes duermen y despiertan varias veces durante el día y la noche, generalmente despiertan para alimentarse (Chokroverty, 2011; Ficca, Fagioli, Giganti & Salzarulo, 1999; Ziziemsky, 1967). A partir de los seis meses el dormir tiene una duración de doce a quince horas y aparecen las siestas dos veces al día (Aldrich, 1999; Contreras, 2013; Convertini & Tripodi, 2007). Al año de edad, el sueño tiene una duración de entre once y catorce horas. En donde se observan movimientos corporales repentinos, de succión y expresiones faciales como gestos o sonrisas (Galland & Mitchell, 2010; Hirshkowitz et al., 2015).

Al avanzar la edad el dormir tiene cambios drásticos y evidentes, por ejemplo, de los tres a los cinco años el dormir se sincroniza a los cambios de luz y oscuridad y se reduce a once horas. Por otro lado, los despertares son ocasionales y el número de siestas disminuye (Contreras, 2013; Galland & Mitchell, 2010; Valdez, 2015).

De los siete a los diez años, el dormir es de diez horas aproximadamente y en la adolescencia se reduce hasta siete horas y media por noche. Sin embargo, al llegar el fin de semana la duración del dormir tiende a aumentar (Andrade, 1993; Galland, Taylor, Elder & Herbison, 2012; Thorleifsdottir, Björnsson, Benediktsdottir, Gislason & Kristbjarnarson, 2002).

A los dieciocho años inicia la etapa adulta y con ello la estabilidad del dormir, que se caracteriza por presentar una duración de siete a ocho horas aproximadamente con horarios de inicio y término más estables en relación a otras edades (Miró, 2002; VellutP, 1987).

Después de los cincuenta años, la inestabilidad en la duración y calidad de sueño se hacen evidentes. Por lo general los adultos mayores tienden a dormir y despertar más temprano, el sueño profundo se reduce y el ligero aumenta. Esto

propicia constantes despertares durante la noche y dormir a cualquier hora del día, para compensar lo que no se durmió durante la noche (Landolt, Dijk, Achermann & Borbély, 1996; Lieberman & Neubauer, 2007; Miró, 2002; Yoon, Kripke, Elliott, Youngstedt, Rex & Hauger, 2003).

Por último, el cronotipo es otro factor que influye en la duración del dormir, debido a que es un atributo que las personas tienen y que les permite elegir los horarios en que desempeñan mejor sus actividades cotidianas. De acuerdo al cronotipo, las personas se pueden clasificar en trasnochadores, madrugadores o intermedios (Adan, 2004; Horne & Östberg, 1976; Tankova, Adan & Buela-Casal, 1994).

Los trasnochadores o búhos, son personas que prefieren realizar sus actividades en horarios nocturnos, por lo que suelen iniciar su dormir después de medianoche y despiertan tarde. En cambio, los madrugadores o alondras, son individuos que se sienten dispuestos y en óptimas condiciones en las primeras horas de la mañana. Sin embargo, su fuerza y ánimo decae conforme transcurre el día, lo que los lleva a acostarse temprano (Escandón, 1994; Valdez, Ramírez, García & Talamantes, 2008).

Los individuos con cronotipo nocturno o diurno se consideran personas con horarios de actividad extrema, sin embargo, la mayoría de las personas se sitúan en horarios intermedios, es decir, se adaptan sin dificultad a cualquier horario (Horne & Östberg, 1976).

Para el estudio del dormir, es importante identificar los términos o vocabulario que utilizan las disciplinas que abordan el dormir, los cuales se describen a continuación.

Nomenclatura del dormir

Durante el dormir se observan cambios conductuales y fisiológicos específicos que se registran y evalúan a través del Electroencefalograma (EEG) que registrar la actividad eléctrica del cerebro, el Electrooculograma (EOG), para los movimientos oculares y el Electromiograma (EMG) para el registro de la

actividad muscular (Aguirre, 2013; Berry, Brooks, Gamardo, Hording, Marcus & Vavghn, 2012; Brown, Basheer, McKenna, Strecker & McCarley, 2012; Silber, Ancoli-Israel, Bonnet, Chokroverty, Grigg-Damberger, Hirshkowitz, Kapen, Keenan, Kryger, Penzel, Pressman & Iber, 2007; Šušmáková, 2004; Teplan, 2002).

En base a estas mediciones se establecen y especifican los criterios que definen el dormir desde un punto de vista fisiológico. Estos criterios incluyen características relacionadas con el inicio, duración, término del dormir y etapas que lo componen.

Los criterios de evaluación, se establecen en el “Manual para la Calificación del Sueño y Eventos Asociados versión 2.0”, desarrollado por la Asociación Americana de Medicina del Sueño (American Academy of Sleep Medicine, siglas en inglés AASM) (Berry et al., 2012).

De acuerdo a estos lineamientos, actualmente el sueño se clasifica en sueño “Sin Movimientos Oculares Rápidos” (No MOR), cuya nomenclatura actual es “N” y sueño de “Movimientos Oculares Rápidos” (MOR), que se identifica con la nomenclatura “R” (Berry et al., 2012; Torterolo & Giancarlo, 2010). En el caso del sueño “N”, se subdivide en tres fases que son “N1”, “N2” y “N3” (Carskadon & Dement, 2011; Kamdar, 2012; Silber et al., 2007).

A continuación, se explicarán las características de estos dos estados del dormir.

Etapas y fases del dormir

En la vigilia y el sueño las funciones del cerebro difieren entre sí, debido a los cambios que se presentan en la actividad eléctrica del cerebro. Estos cambios se hacen evidentes a través de la frecuencia y amplitud de las ondas. La frecuencia se define como el número de veces o ciclos que presenta una onda durante un segundo y se miden a través de Hertz (Hz). En cuanto a la amplitud, se describe como la altura máxima que puede alcanzar una onda y su medición se expresa en microvoltios (μV) (Escotto, 1999; Hazemann & Masson, 1980;

Martínez & Trout, 2006). Las frecuencias principales se conocen como Beta (β), Alfa (α), Theta (θ) y Delta (δ), las cuales permiten definir y distinguir el estado de vigilia del sueño, (Berry et al., 2012).

En la vigilia, las ondas Beta y Alfa predominan en este estado y se caracterizan por ser ondas de mayor frecuencia y bajo voltaje. En el caso de las ondas Beta la frecuencia es de >13 ciclos/seg., y el voltaje oscila aproximadamente entre 10 a 15 μV , lo que implica que las ondas sean repetitivas y continuas (Ocampo-Garcés, Castro & Espinoza, 2012). Es común observarlas en áreas frontales, cuando las personas están en alerta y con los ojos abiertos (Brown et al., 2012; Šušmáková, 2004).

Las ondas Alfa se identifican por presentar una frecuencia de 8 a 13 ciclos/seg., y un voltaje de <50 μV . Se observan principalmente en áreas occipitales, cuando las personas están en reposo y con los ojos cerrados (Brown et al., 2012; Teplan, 2002; Silber et al., 2007; Swick, 2011).

En el sueño Sin Movimientos Oculares Rápidos "N", la actividad eléctrica es sincrónica, es decir, actividad lenta en diferentes regiones cerebrales (principalmente tálamo y la corteza cerebral). La disminución gradual de la actividad eléctrica cerebral, indica y distingue las fases "N1", "N2" y "N3" que conforman el sueño "N" (Akerstedt & Nilsson, 2003; Brown et al., 2012; Silber et al., 2007).

En la fase "N1" las ondas Alfa disminuyen y se sustituyen por ondas Theta, que se caracterizan por ser ondas lentas de frecuencias mixtas (4-7 ciclos/seg), con un voltaje que va de bajo a moderado (>75 μV), y que se denotan en regiones centrales (Berry, Geyer & Carney, 2012; Swick, 2011). Su duración aproximada es de 10 a 12 minutos, predomina del 2% al 5% de la duración total del sueño y se considera como una etapa de transición de la vigilia al sueño (Aguirre-Navarrete, 2013; Lieberman & Neubauer, 2007). En esta fase, el sueño es ligero y cualquier ruido propicia el despertar con facilidad (Kamdar et al., 2012; Lieberman & Neubauer, 2007).

En la fase "N2", la actividad eléctrica del cerebro se caracteriza por la presencia de husos de sueño y complejos K. Los husos de sueño tienen una frecuencia

de 12 a 14 ciclos/seg. El voltaje es de 20 a 50 μV , el cual aumenta y después disminuye progresivamente, durante un período de tiempo que oscila entre 0.5 y 2 segundos aproximadamente. Este tipo de actividad eléctrica cerebral, se registra principalmente en el tálamo (Silber et al., 2007; Šušmáková, 2004; Swick, 2011; Velayos, Moreles, Irujo, Yllanes & Paternain, 2007). En el caso de los complejos K, son ondas que se caracterizan por aparecer de forma repentina, al formarse una onda negativa seguida de una positiva de alto voltaje. Esto implica que tenga una duración mínima de 0.5 segundos aproximadamente (Franco-Pérez, Ballesteros-Zebadúa, Custodio & Paz, 2012; Fuller, Gooley & Saper, 2006).

Este tipo de ondas predomina en áreas frontales, y representan entre un 45% y 50% del sueño total, por lo que su duración en cada ciclo de sueño es entre 25 y 30 minutos aproximadamente. En esta fase, el sueño aún es ligero y por consiguiente es posible despertar con facilidad (Akerstedt & Nilsson, 2003; Chokroverty, 2011; Lieberman & Neubauer, 2007).

En la fase N3 se presentan ondas Delta, que se definen como señales de baja frecuencia (<4 ciclos/seg.) y mayor voltaje (>75 μV), que predominan en áreas frontales y centrales. Su presencia representa el 13% y 25% de la duración total del sueño (Akerstedt & Nilsson, 2003; Silber et al., 2007; Swick, 2011). En esta fase el sueño es profundo, por lo que es difícil despertar a las personas, o solo se logra a través de estímulos inusuales o ruidosos (Lieberman & Neubauer, 2007; Teplan, 2002; Velayos et al., 2007). En la edad adulta, su duración es mayor en la primera mitad de la noche y menor al finalizar el sueño (Reinoso-Suarez, 2005; Šušmáková, 2004; VellutP, 1987).

Su presencia se relaciona con la recuperación física del organismo, es decir, el suministro de descanso al prolongarse la vigilia y la segregación de la hormona de crecimiento (Akerstedt & Nilsson, 2003; Gómez, Cholíz & Carbonell, 2000; Kantelhardt, Penzel, Rostig, Becker, Havlin & Bunde, 2003; Marzano, Ferrara, Cursio & De Gennero, 2010; Ocampo-Garcés, Castro & Espinoza, 2012; Silver & Lesauter, 2008).

En el sueño Sin Movimientos Oculares Rápidos "N", se presentan cambios

fisiológicos relacionados con la disminución de la temperatura, el flujo sanguíneo, los movimientos corporales y la frecuencia cardíaca. Su duración se estima entre el 75% y 80% del sueño (Lieberman & Neubauer, 2007; Payne, 2011; Reinoso-Suárez, 2005).

En relación al sueño "R", la actividad eléctrica cerebral es asincrónica, es decir, se presentan ondas mixtas de mayor frecuencia y menor voltaje (Silber et al., 2007; Šušmáková, 2004). Se caracteriza por contar con dos componentes: tónico que implica la inhibición del tono muscular y fásico que denota la presencia de movimientos oculares rápidos. (Aguirre-Navarrete, 2013; Brown et al., 2012; Torterolo & Giancarlo, 2010; Velayos et al., 2007).

Durante la etapa de movimientos oculares rápidos, el durmiente presenta cambios fisiológicos relacionados con el aumento de la frecuencia respiratoria, cardíaca y en el tono muscular, características que asemeja este estado de sueño al de vigilia. Su presencia representa de un 20% a 25% de la duración total del sueño. (Aguirre, 2013; Akerstedt & Nilsson, 2003; Aserinsky & Kleitman, 1953; Borbély, 1993; Kamdar et al.; 2012; Natesan, Cho & Kushida, 2005).

Otra característica del sueño "R" son las ensoñaciones, que se presentan en un 80% del sueño total y se definen como imágenes a color relacionadas con situaciones o eventos que corresponden con el diario vivir y en donde el individuo participa e involucra sentimientos (Gómez, 1990; Reinoso-Suárez, 2005; Velayos et al., 2007). Despertar en esta etapa, implica que las imágenes se recuerden con facilidad (Aserinsky & Kleitman, 1953; Castillo Montoya, Venegas & Haro; Luce & Segal, 1981).

El sueño "R" se repite aproximadamente cada 90 minutos después de presentarse la etapa "N" (Aserinsky & Kleitman, 1953; Dement & Kleitman, 1957; Endo, Roth, Landolt, Werth, Aeschbach, Achermann & Borbély, 1998). La unión de ambas etapas conforma un ciclo que se repite entre 4 y 6 veces a lo largo de toda la noche (Aguirre-Navarrete, 2013; Silber et al., 2007; Šušmáková, 2004). En los ciclos que se presentan en las primeras horas de la noche, "R" tienen menor duración, sin embargo, tienden a aumentar al final de la noche

(Brown et al., 2012; Castillo-Montolla, Venegas & Haro, 2000; Payne, 2011; Šušmáková, 2004). Se considera que la función del sueño “R” es la reestructuración de la memoria e intervención en los procesos de aprendizaje (Akerstedt & Nilsson, 2003; Gómez, Chóliz & Carbonell, 2000; Kantelhardt et al., 2003). Cabe destacar que la presentación de los ciclos y el paso por cada etapa de sueño, depende de factores como la edad.

Los conocimientos que se tienen de los descubrimientos, las etapas y las diferencias en la duración del dormir, nos permiten conocer sus características, sin embargo, no explican la función del dormir. Por lo que, es necesario considerar las necesidades del organismo, así como la influencia del ambiente. A continuación, se explica la función del dormir desde dos perspectivas teóricas: de los ritmos biológicos o reostática y la teoría homeostática.

Teorías del dormir

Teoría de los ritmos biológicos o reostática

La teoría de los ritmos biológicos o reostática, busca explicar la periodicidad de las funciones de los seres vivos y de sucesos ambientales. El término reostasis, fue propuesto por Nicholas Mrosovsky que proviene del griego “rheos” que significa corriente y “stasis” estable (Aguilar, 2007; Cannon, 1929). Este concepto plantea que el organismo presentan cambios en sus funciones en un rango de tiempo que puede ir de días a minutos. Esta variabilidad no implica un desajuste en las funciones, más bien plantea que el organismo se prepara y predice los cambios externos constantes (Aguilar, 2007; Madrid & Rol De Lamma, 2015; Silver & Lesauter, 2008; Valdez, 2015).

De esta forma, la teoría reostática expone que los cambios constantes en el ambiente tanto a corto, mediano o largo plazo impactan en los individuos. La temperatura ambiental y los ciclos de luz-obscuridad que se presentan cada 24 horas, son los más evidentes y a los que las especies adaptan sus actividades para sobrevivir. Para adaptarse a estos cambios, el organismo genera ritmos

biológicos, es decir, cambios internos que le permiten al organismo detectar lo que acontece en el exterior y de esta forma predecir y adaptarse a estos cambios (Benoit, 1984; Golombek, 2001; Moore, 1997; Silver & Lesauter, 2008). Es decir, los ritmos biológicos nos permiten entender y explicar las funciones fisiológicas y conductuales en relación al tiempo, así como su adaptación al ambiente (Ishida, Kaneko & Allada, 1999). De acuerdo con su duración, los ritmos biológicos se clasifican en: ritmos infradianos, circadianos y ultradianos.

Los ritmos infradianos son ciclos que tienen una frecuencia mayor de 28 horas. El término se deriva del latín, “infra” que significa debajo de y “dies” que significa día. Los ritmos se clasifican en circamensuales o circalunares y circanuales (Pino, 1994; Valdez, 2015).

Los ritmos circamensuales o circalunares, se presentan aproximadamente cada 30 días, ejemplo de ello es el ciclo menstrual (Adan, 1995; Valdez et al. 2012). Por otro lado los ritmos circanuales se presentan en un espacio de un año y se les relaciona con las estaciones del año (Madrid & Rol De Lamma, 2015). Un ejemplo de ello, es la emigración de especies, que cambian de hábitat al llegar el invierno para buscar temperaturas más cálidas con el fin de reproducirse.

Los ritmos circadianos presentan una duración cercana a las 24 hrs, es decir, se presentan en períodos regulares de tiempo. El término circadiano deriva del griego “circa” que significa cerca de y “dies” que proviene del latín y significa día (Ishida et al., 1999; Aguilar, 2007; Escandón, 1994; Tankova, Adan & Buela-Casal, 1994). Estos ritmos se ajustan a los ciclos de luz y oscuridad, lo que permite que muchas de las funciones internas del organismo se coordinen con los cambios externos por medio de un reloj maestro (Golombek, 2001; Miranda, 2003; Moore, 1996). Este reloj maestro es el núcleo supraquiasmático y su función es coordinar las funciones del organismo, así como mantenerlo informado de lo que sucede en el exterior (Ángeles-Castellanos, Rodríguez, Salgado & Escobar, 2007; Escandón, 1994; Lieberman & Neubauer, 2007). Ejemplo de estos ritmos, son el dormir que se presenta al caer la noche y la temperatura corporal, que tiende a aumentar en el día y descender por la noche (Lack & Wright, 2007; Valdez et al., 2012).

Por otro lado, los ritmos ultradianos presentan una periodicidad menor a veinte horas, por lo que su origen etimológico proviene del latín “ultra” que se refiere a más allá y “dies” que significa día. Su presencia se observa en cambios hormonales, el ritmo cardíaco y en las etapas que conforman el dormir. Estos ciclos que conforman el sueño, se ajustan a este ritmo ultradiano, debido a que se repiten cada 90 a 120 minutos, es decir, en períodos menores a veinte horas (Adan, 1995; Kantelhardt et al., 2003; Ocampo-Garcés, Castro & Espinoza, 2012).

De acuerdo a la teoría de los ritmos biológicos, el sueño es un ritmo circadiano, que se caracteriza por presentarse en períodos aproximados de veinticuatro horas, similar al período de luz y oscuridad. De acuerdo a esta teoría, sí un organismo duerme todos los días durante la noche, se puede inferir que tiene un reloj biológico que produce cambios internos (ritmos biológicos) que detectan lo que acontece en el exterior y de esta forma predice y se adapta a estos cambios (Lack & Wright, 2007; Silver & Lesauter, 2008; Velayos et al., 2007). Sin embargo, su función también se rige por factores homeostáticos. A continuación, se describe la teoría homeostática.

Teoría homeostática

La teoría homeostática se fundamenta en los principios de estabilidad de las funciones. El concepto se deriva del griego “homeo”, que significa estabilidad y “stasis” que significa igualdad o similitud. Walter Cannon propuso este concepto en 1929, con la finalidad de explicar cómo los organismos logran mantener estabilidad en sus funciones, independientemente de la fuerza que ejerza el ambiente sobre ellos (Aguilar, 2007; Cannon, 1929).

Para lograr esta estabilidad la teoría explica que cada órgano del cuerpo, interactúa con otros órganos, de tal forma que se coordinan entre sí, para mantener en óptimas condiciones las funciones del organismo (Angeles, 2007; Benoit, 1984). Para conservar la homeostasis, es necesario proveer al organismo de agua, comida y sueño. El exceso o privación de estos elementos,

produce cambios en las funciones que realiza cada órgano del cuerpo, lo cual provoca una desorganización o inestabilidad. Esta inestabilidad es identificada por mecanismos de regulación interna, que buscan restablecer la homeostasis del organismo (Cannon, 1929).

Desde la teoría homeostática el dormir se produce para proporcionar descanso y reestructuración al organismo (Convertini & Tripodi, 2007; Montes, Dominguez & Próspero, 2008; Ocampo-Garcés et al., 2012; Torrades, 2005). Es decir, cuando las personas pasan mucho tiempo en vigilia, se presentan dificultades para mantener la atención y para seguir funcionando se requiere descanso. Por ello, se considera desde esta teoría que la función del dormir va encaminada al restablecimiento del organismo, cuya finalidad es recuperar la energía perdida después de permanecer por un período prolongado de vigilia (Benoit, 1984; Borbély, 1993; Cannon, 1929; Luyster et al., 2012; Valdez, 2015). Cuando las personas duermen, recuperan la estabilidad del sistema y con ello, no tienen somnolencia, ni tienen problemas para atender y realizan sus actividades sin inconvenientes (Banks & Dinges, 2011; Borbély, 1993).

Para estudiar la función del dormir desde la postura homeostática, las personas deben mantenerse en estado de vigilia por un período de tiempo corto o prolongado, condición que se conoce como privación del dormir.

La privación puede ser total, parcial, crónica y selectiva. A continuación, se explica cada condición.

Privación del dormir

Existen diferentes tipos de privación de sueño, entre las que se encuentra la privación total, parcial, crónica y selectiva. Estas condiciones se utilizan como método de estudio para conocer la función del dormir en los seres vivos. A continuación, se abordará cada una de ellas.

Privación total

La privación del dormir, es una condición que implica suprimir el período habitual de sueño de una persona (Bonnet & Arand, 1995; Bonnet, 2011; Drummond & Brown, 2001; Durmer & Dinges, 2005; Rodríguez, Martín & García, 2008; Rosales, Egoavil, La Cruz & Rey de Castro, 2007). Esta condición implica mantener a las personas despiertas por 24 horas, es decir, las personas se despiertan a una hora determinada y no vuelven a dormir hasta después de transcurridas 24 horas (Alhola & Polo-kantola, 2007; Fletcher & Dawson, 2001; Patrick & Gilbert, 1896).

Las personas que permanecen bajo privación total de sueño, tienen un aumento en la sensación de somnolencia y cansancio, falta de energía, motivación, estrés, mal humor e irritabilidad. También tienen visión borrosa, micro sueños (aún con los ojos abiertos), así como una disminución en la temperatura corporal, en la presión sanguínea y en la frecuencia cardíaca (Gradisar, Dohnt, Wright, Robinson, Paine & Gamble, 2008; McKenna, Dickinson, Orff & Drummond, 2007; VellutP, 1987).

Por otra parte, se observa que las personas presentan dificultad para realizar tareas que requieren seguir instrucciones, expresar ideas a través del lenguaje, recordar nueva información o datos personales. Así mismo, presentan deficiencias motoras, disminución en la capacidad para tomar decisiones, responder y planificar (Alhola & Polo-kantola, 2007; Drummond & Brown, 2001; Durmer & Dinges, 2005; Orzeł-Gryglewska, 2010). Se plantea que las alteraciones que se presentan en este tipo de tareas, se deben, a que la privación total del dormir afecta procesos cognoscitivos básicos como la atención (Banks & Dinges, 2007; Lee, Kim & Suh, 2003; Lo et al., 2012) las funciones ejecutivas (Nilsson, Söderström, Karlsson, Lekander, Akerstedt, Lindroth & Axelsson, 2005) y la memoria de trabajo (Chee, Chuah, Venkatraman, Chan, Philip & Dinges, 2006; Killgore, 2010; Drummond et al., 2012). Estas deficiencias se presentan debido a que la privación modifica la organización funcional del cerebro (Cajochen et al., 1999; Corsi et al., 1992; Corsi et al., 1999; Corsi, 2008; Drummond, Brown, Gillin, Stricker, Wong &

Buxton, 2000; Ferreira et al., 2006; Montes et al., 2008; Mu et al., 2005).

Privación parcial

La privación parcial del dormir es una condición en la cual se reduce la duración habitual del dormir (Banks y Dinges, 2007; Endo, Roth, Landolt, Werth, Aeschbach, Achermann & Borbély, 1998; Gómez, Chóliz & Carbonell, 2000; Rogers, Dorian & Dinges, 2003; Rosales, Egoavil, La Cruz & Rey de Castro, 2007).

Kopasz y colaboradores (2010) observaron que al reducir la duración del dormir, aumenta la sensación de somnolencia y cansancio (Kopasz, Loessl, Valerius, Koenig, Matthaes, Hornyak & Voderholzer, 2010), disminuye el desempeño físico (Edwards & Waterhouse, 2009) y el desempeño de tareas que dependen de procesos cognitivos como la atención (Alhola & Polo-kantola, 2007; Gómez et al., 2000; Jain et al., 2010; Killgore, 2010).

Con la reducción del dormir también se altera el inicio y la duración de las etapas que conforman el sueño. Cuando las personas se privan del dormir, se reduce la latencia de las fases N1 y fase N3. Esta fase incrementa su duración en el primer ciclo de sueño, en cambio la etapa R, es de corta duración cuando se está bajo este tipo de condición (Åkerstedt, Kecklund, Ingre, Lekander & Axelsson, 2009; Belenky et al., 2003; Borbély & Achermann, 1999; Van Dongen et al., 2003).

Privación crónica

La privación crónica del dormir es una condición bajo la cual, las personas reducen la duración habitual de su dormir durante varios días consecutivos. Esta condición se observa a diario en miles de personas, quienes, por cuestiones sociales, de trabajo o escolares disminuyen la duración del dormir a lo largo de la semana cuando asisten a sus labores escolares o de trabajo. No obstante, al llegar el fin de semana, aumentan la duración del dormir hasta que

se sienten bien y descansados (Banks & Dinges, 2011; Luyster et al., 2012; Valdez, Ramírez & García, 2003).

Los estudios de privación crónica muestran en sus resultados que dormir de 4 a 5 horas por varios días consecutivos genera fatiga, irritabilidad, falta de concentración, deseo por comer, aumento de la sensación de somnolencia, aumento del tiempo de reacción, así como alteración del ciclo sueño-vigilia (Åkerstedt et al., 2009; Belenky et al., 2003; Bonnet & Arand, 1995; Goel, Rao, Durmer & Dinges, 2009; Herscovitch & Broughton, 1981; Kopasz et al., 2010; Rosales, Egoavil, La Cruz & Rey de Castro, 2007). También observan deficiencias en el desempeño de tareas en las que se requiere seleccionar, atender o recordar información (Banks & Dinges, 2007; Blagrove et al., 1995; Dinges et al., 1997; Jain et al., 2010; Jiang et al., 2011; Lo et al., 2012).

Privación selectiva

La privación selectiva es un procedimiento que implica despertar a las personas en una etapa específica del dormir. El objetivo es observar los efectos de la privación sobre las etapas específicas que componen el dormir (Banks & Dinges, 2007; Onen, Alloui, Gross, Eschallier & Dubray, 2001).

Este tipo de privación se aplica principalmente para observar la fase N3 y el sueño R (Endo et al., 1998; Ferrara, De Gennaro, Casagrande & Bertini, 2000; Landsness, Goldstein, Peterson, Tononi & Benca, 2011; Lautenbacher, Kundermann & Krieg, 2006). En la fase N3, los resultados muestran que es una fase profunda del sueño, debido a que es difícil despertar a las personas (Borbély, 1993; Patrick & Gilbert, 1896) y se reducen los husos de sueño en la fase N2 (De Gennaro, Ferrara & Bertini, 2000). En la privación del sueño R, los estudios reportan que despertar en esta etapa, se puede recordar lo que se sueña, produce efectos antidepresivos e incrementa su propensión al aumentar los despertares en esta etapa (Cano-Lozano, Miró, Espinosa & Casal, 2003; Endo et al., 1998; Espinosa & Casal, 2003; Marzano, Ferrara, Curcio & Gennaro 2010; Patrick & Gilbert, 1896; Roth, Achermann & Borbély, 1999; Vogel, 1975).

Las condiciones de privación total, parcial crónica o selectiva difieren entre sí en relación a su duración, sin embargo, una característica que comparten se relaciona con el aumento de la somnolencia y cansancio, que a continuación se describen.

Somnolencia y cansancio

La somnolencia es una condición que indica la presencia de sueño y se manifiesta como una necesidad incontenible de dormir, es decir, incapacidad para mantenerse activo y alerta. Se manifiesta con la presencia de bostezos, descenso del párpado superior (ptosis), pérdida del tono muscular, así como la disminución de funciones cognitivas (Johns, 1998; Rosales & De Castro, 2010; Shen, Barbera & Shapiro, 2006).

La somnolencia como indicador de sueño tiene dos características: homeostática (recuperación) y circadiana (presencia a determina la hora del día). En base a estas características, la somnolencia se clasifica en fisiológica y subjetiva (Cluydts, De Valck, Verstraeten & Theys, 2002; Cursio, Casagrande & Bertini, 2001).

La fisiológica se define como la tendencia del cuerpo a dormir en un momento y tiempo determinado, es decir, se presenta en diferentes horas del día (Chokroverty, 2011). Estas variaciones circadianas a su vez coinciden con el aumento y descenso de la temperatura corporal. Este tipo de somnolencia generalmente se manifiesta de dos a seis de la tarde y en la madrugada de tres a cinco. Sin embargo, declina al elevarse la temperatura corporal, momento que se considera óptimo para el desempeño de actividades (Aldrich, 1999; Cluydts, De Valck, Verstraeten & Theys, 2002; Luce & Segal, 1981).

En cuanto a la somnolencia subjetiva, esta se define como el nivel de adormecimiento que perciben los individuos, cuando se altera el ciclo sueño-vigilia o se priva del dormir (Akerstedt & Gillberg, 1990; Johns, 1998; Rosales & De Castro, 2010). Cuando las personas se privan del dormir aumenta el grado de somnolencia, sobre todo la diurna. Estos efectos se revierten cuando se

tiene la oportunidad de dormir y con ello se recupera la capacidad para mantenerse activo y alerta, así como la capacidad para realizar actividades que dependen de procesos cognitivos como la atención o la memoria (Bonnet & Arand 1995; Herscovitch & Broughton, 1981; Van Dongen et al., 2003).

Para analizar la somnolencia que presentan los individuos, se cuenta con tres métodos: la medición del comportamiento (observación de la cantidad de bostezos, movimientos corporales, cierre de parpados o cabeceos), los test neurofisiológicos (cuantifican la somnolencia a través de la polisomnografía, pupilometría y potenciales cerebrales evocados) y escalas de somnolencia (registran la percepción de los individuos) (Cluydts et al., 2002). Las escalas de somnolencia más utilizadas, son: el Epworth (ESE), el inventario de actividad vigilia-sueño, la escala de somnolencia de Stanford, de Karolinska y las escalas visuales analógicas. En el caso de las escalas visuales analógicas, su aplicación permite registrar en diferentes horas del día la intensidad y duración de la sensación de somnolencia que perciben las personas (Cursio et al., 2001; Johns, 1998; Rosales & De Castro, 2010; Shen, Barbera & Shapiro, 2006).

Durante la privación de sueño también se hace evidente el cansancio, que se considera como la disminución de la capacidad física o mental para llevar a cabo una actividad, la cual se elimina con el descanso. El concepto de cansancio suele confundirse o relacionarse con el de fatiga, que se considera como debilidad o falta de energía para realizar actividades (Olson, 2007; Rosales & De Castro, 2010).

El cansancio se clasifica como físico y mental, el primero se refiere al desgaste de energía y el segundo a la desmotivación, aburrimiento o desgaste mental prolongado, síntomas que se asocian al estrés, ansiedad o depresión (Aaronson, Teel, Cassmeyer & Neuberger, 1999; Lim, Choo & Chee, 2007).

El cansancio puede manifestarse con mayor intensidad, cuando los individuos realizan actividades en horarios vespertinos o cuando sus actividades abarcan tanto turnos diurnos como nocturnos. También se observa que la fuerza y el rendimiento físico de las personas se afecta cuando se reduce la duración del dormir (García-Mas, Aguado, Cuartero, Calabria, Jiménez & Pérez, 2003;

Kopasz et al., 2010; Reilly & Edwards 2007; Rey de Castro, Gallo & Loureiro, 2004; Rey De Castro & Rosales-Mayor, 2010).

La evaluación del cansancio se realiza a través de la escala Maslach (preguntas relacionadas al aspecto emocional), o el cuestionario Esfuerzo-recompensa desequilibrio (siglas en inglés ERI: evalúa el estrés laboral) (Domínguez, 2014; García, Ramiro, Valdehita & Moreno, 2004). También se utilizan escalas visuales analógicas, cuya aplicación permite registrar la intensidad de la sensación de cansancio que perciben las personas y se aplica en diferentes momentos del día. Con ello se evalúa y analiza el progreso de la intensidad de la sensación de cansancio (Cluydts et al., 2002; Cursio et al., 2001).

La intensidad de la sensación de somnolencia y cansancio que se registran a través de estas escalas, son manifestaciones que permiten identificar o conocer la percepción de los individuos sobre su estado fisiológico, cuando se está en condiciones de vigilia por períodos prolongados de tiempo. Sin embargo, estos indicadores no evidencian los cambios que provoca la privación del dormir sobre los procesos cognitivos.

Los procesos cognitivos son capacidades que nos permiten realizar diferentes actividades cotidianas y a continuación se describirán sus características.

Procesos cognitivos

Día a día realizamos actividades que implican comprender, hablar, percibir, atender, solucionar problemas, tomar decisiones o recordar información. Para llevarlas a cabo se requiere de procesos cognitivos. El término cognición proviene del latín “cognitio” que se refiere al proceso por el cual se adquiere conocimiento (Ellis, 1980; Rivas, 2008). De acuerdo a la psicología cognitiva, los procesos cognitivos permiten a los individuos interpretar e interactuar con el mundo que los rodea.

Los procesos cognitivos se les conocen como superiores y básicos. Los superiores se conforman por el pensamiento, lenguaje y control ejecutivo. Los básicos se componen por la atención, sensación, percepción y memoria

(Banyard, Hartland, Hayes & Reddy, 1995; Flores & Ostroksy-Solís, 2008; Lorenzo et al., 2001).

De estos procesos la memoria se define como un proceso que permite conservar y recuperar información relacionada con sucesos, conocimiento, imágenes, procedimientos y datos personales durante poco tiempo o de forma indefinida (Ballesteros, 1999; Carrillo-Mora, 2010; Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Fernández & López, 1998). Se caracteriza por ser un sistema complejo, por lo cual diversas personas buscan explicar a través de diferentes modelos teóricos, la forma en que opera la memoria, los cuales se describen a continuación.

Memoria, teorías y modelos

El recordar quiénes somos y de dónde venimos se puede realizar gracias a la memoria. La memoria es un proceso cognitivo que permite registrar, almacenar y recuperar información, a través de la intervención de diferentes estructuras cerebrales (Ballesteros, 1999; Howe, 1974; Scoville & Milner, 1957; Solís & López-Hernández, 2009).

La explicación de este proceso deriva de diversas concepciones teóricas. La primera de ellas proviene de la postura filosófica desarrollada por los griegos, entre las que destacan la propuesta de Aristóteles y Sócrates. Sus ideas permitieron conceptualizar la memoria como un sistema unitario, es decir, un solo sistema que permite recordar todo tipo de información (Carrillo-Mora, 2010; Ruetti, Justel & Bentosela, 2009 Ruiz-Vargas, 2010).

Este concepto perduró por muchos años, sin embargo, sucumbió al solo enfocarse a describir la función y no explicar el ¿cómo se procesa la información? Para explicar dicho proceso, se realizaron diversos estudios entre los cuales se encuentran los propuestos por Ebbinghaus, quien fue el primero en estudiar la memoria de forma experimental. Ebbinghaus describió que hay una capacidad de almacenaje de la información, y que los recuerdos relacionados con sucesos vividos, conocimientos e imágenes adquiridos

pueden hacerse presentes en el momento que se les evoque. Para demostrarlo, creó una tarea conformada por una lista de palabras sin sentido, donde cada palabra contenía 3 letras. Al aplicarla registró el tiempo que tardaba en recordar la lista completa. Con ello descubrió que, con el paso del tiempo, la información se olvida, lo que describió como curva del olvido. Esto le permitió a Ebbinghaus demostrar que factores como el tiempo, el repaso y la sucesión interfieren o permiten que la información perdure más que otra (Ebbinghaus, 1913, 1964).

Por otra parte, Williams James (1890), identificó que la información puede recordarse por poco o por mucho tiempo, por lo que planteó dos tipos de memoria: la primaria donde llega nueva información y la secundaria donde se encuentra la información previa. La propuesta de James fue relevante, sin embargo, la concepción de dos sistemas tenía limitaciones, debido a que no explicaba que información debía permanecer en la memoria primaria y cual en la secundaria (Carrillo-Mora, 2010; Hunt & Ellis, 2007).

En 1950 el concepto de memoria unitaria cambió, con el aporte de estudios derivados de la neurología y la psicología cognitiva, que plantearon preguntas y explicaciones sobre componentes y operatividad de la memoria.

Los estudios neurológicos permitieron identificar estructuras cerebrales, relacionadas con el funcionamiento de diferentes tipos de memoria, entre ellos los de Hebb. En 1957, Scoville y Milner identificaron que la conservación momentánea o indefinida de diferente tipo de información, depende de la intervención de estructuras cerebrales específicas. Sus hallazgos se basaron en estudios realizados en pacientes con lesiones cerebrales, quienes pusieron en evidencia cambios en la evocación de algún tipo de información adquirida reciente o previamente (Baddeley, 1983; Fernández & López, 1998; Ruetti, Justel & Bentosela, 2009; Scoville & Milner, 1957). Los datos obtenidos pusieron en evidencia la existencia de diferentes tipos de memoria.

Por otro lado, la psicología cognitiva explica la operatividad de la memoria bajo el fundamento de las teorías computacionales. En base a esta postura, se describe a la memoria como un sistema que cuenta con componentes que intervienen en el procesamiento de información. La explicación de la forma en

que intervienen estos componentes en el procesamiento de información se realizó a través de modelos (Baddeley, 1996a; Baddeley, 1983; Baddeley, 2000).

Uno de ellos es el modelo de estructuras del procesamiento, desarrollado por Broadbent en 1958, con el cual explica que la información pasa por un proceso en el que interactúa la percepción, la atención y la memoria (Ballesteros, 1999). En 1968 Atkinson y Shiffrin proponen el modelo estructural o modal, con el cual explican que para procesar información se requiere de la intervención de la memoria sensorial, a corto (MCP) y largo plazo (MLP). De estos niveles, el modelo enfatiza las funciones de la memoria a corto plazo, consideradas esenciales para registrar, procesar y dirigir la información a la memoria a largo plazo (Baddeley, 1999a; Baddeley, 1996a; Gluck, Mercado & Myers, 2009; Baddeley & Hitch, 2000). No obstante, el modelo poco a poco pierde relevancia al no poder explicar cómo se procesa y en donde reside diferente tipo de información.

Por otro lado, en 1972, Tulving planteó un modelo donde clasifica a la memoria en base a su duración y tipo de información, ya que la considero como un sistema múltiple (Carrillo-Mora, 2010; Tulving, 1985).

En 1974, Baddeley y Hitch desarrollaron un modelo en base al de Atkinson y Schiffrin, el cual reestructuraron y ampliaron con el propósito de demostrar cómo se procesa la información y cómo interviene en el proceso de aprendizaje, razonamiento y comprensión (Baddeley, 1992, 1996a).

En el año de 1986, Larry y Squire clasificaron la memoria en cuanto a su contenido: en declarativa y no declarativa y más tarde Tulving y Shacter propusieron la memoria procedimental, que se refiere aquella información que se adquiere con la práctica (Carrillo-Mora, 2010).

A través de los años, estas posturas teóricas permitieron definir y comprender el proceso de registro, almacenaje y evocación de la información. Este proceso se explica a partir de la clasificación de la memoria, que a continuación se describe.

Clasificación y procesos de la memoria

Memoria sensorial

A través de la memoria se retiene diferente tipo y cantidad de información durante poco o mucho tiempo para aprender, responder e incluso recuperar aquella que se registró con antelación. Para entender su función, es necesario conocer sus componentes y determinar cómo intervienen en el proceso de codificación, consolidación, almacenaje y recuperación de la información.

La clasificación tradicional de la memoria, se basa en la duración, tipo de información y áreas cerebrales involucradas. En base a ello la memoria se clasifica en memoria sensorial, a corto y largo plazo, las cuales a su vez se subdividen en otro tipo de memorias (Carrillo-Mora, 2010; Ruetti et al., 2009; Solís & López-Hernández, 2009).

El inicio del procesamiento de la información se realiza en la memoria sensorial. En este nivel las imágenes, sonidos o sensaciones se registran y reconocen a través de diferentes sentidos, es decir, se codifican para su almacenaje. Los sistemas de registro auditivo y el visual son los más utilizados. El auditivo se relaciona con la memoria ecoica, que se encarga de registrar sonidos, lenguaje, voces y melodías, así como la secuencia y el ritmo. Su duración es de milisegundos, sin embargo, tiende a prolongarse por más tiempo. En cuanto a los registros visuales, estos se relacionan con la memoria icónica la cual se caracteriza por registrar rostros e imágenes en milisegundos (Baddeley, 1999b; Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Gluck et al., 2009).

Para crear un vínculo con la memoria a corto plazo, en la memoria sensorial se mantiene disponible la información durante 250 milisegundos, sin embargo, puede decaer por la falta de repaso o actualización de la información (Muñoz, Blázquez, Galparsoro, González, Lubrini, Periañez, Ríos, Sánchez, Tirapu & Zulaica, 2011; Solís & López-Hernández, 2009).

Memoria a corto plazo

Después de ingresar por la memoria sensorial, la información que logra mantenerse se desplaza a la memoria a corto plazo. Al igual que la memoria sensorial, esta memoria es momentánea y de corta duración, motivo por el cual se le denomina transitoria (Baddeley, 2003, 2012; Ballesteros, 1999; Carrillo-Mora, 2010; Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Fernández & López, 1998; Gluck, Mercado & Myers, 2009).

La memoria a corto plazo se caracteriza por la capacidad de retener una cantidad limitada de elementos y por la duración, que es el tiempo que permanece activo un estímulo (Baddeley, 1983; Carrillo-Mora, 2010). La capacidad es de 5 a 7 elementos y su duración de 20 a 30 segundos, lo que favorece la posibilidad de perder información (Baddeley, 1996^a; Baddeley, 2000, 2012). Durante este tiempo la información se codifica, es decir, se organiza y diferencia a través de la memoria de trabajo (Baddeley, 1999a, 1999b, 2012). La labor de la memoria de trabajo es la de mantener la información por unos segundos mientras se realiza una actividad que requiere su análisis a través de sus componentes (Baddeley & Hitch, 1974; D'Esposito, 2007; Solís & López-Hernández, 2009).

La codificación y el repaso breve de la información permiten establecer una conexión de corta duración con la memoria a largo plazo. A través de este enlace bidireccional, se asocian las características de información previa y reciente, para darle un nuevo significado a la información (Baddeley et al., 2004; Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Solís & López-Hernández, 2009; Arándiga, 2005).

Memoria a largo plazo

La memoria a largo plazo se encarga de retener de forma ordenada una ilimitada cantidad de información relacionada con experiencias, conocimiento, significados, datos personales y ejecución de actividades. Su duración es ilimitada, es decir, la información puede mantenerse durante días, meses, años

o incluso durante toda la vida (Carrillo-Mora, 2010; Nelson & Gilbert, 2008; Rivas, 2008; Solis, 2009).

La memoria a largo plazo se distingue por regirse en patrones de significado, es decir, códigos semánticos. Ante el vasto contenido y cantidad de información que se retiene, esta se divide en memoria declarativa y procedural (Ruetti, Justel & Bentosela, 2009; Tulving, 1985).

La memoria declarativa es un sistema que contiene información relacionada con conocimientos o situaciones, que se adquieren de forma consciente o voluntaria y se simbolizan a través del lenguaje. Se subdivide en memoria semántica y episódica, de las cuales la primera contiene conocimiento sobre el significado, características o propiedades de lo que se conoce del mundo y la segunda se relaciona con el recuerdo de situaciones, eventos o vivencias personales específicas ocurridas en un tiempo y momento determinado (Carrillo-Mora, 2010; Fernández & López, 1998; Ruetti et al., 2009).

Por otra parte, la memoria procedural o procedimental se encarga de preservar información de las habilidades, destrezas o estrategias que nos permiten saber cómo realizar determinadas actividades. Dicho conocimiento se adquiere de forma inconsciente a través de la práctica y su evocación se da a través de una ejecución precisa, por lo que es difícil de olvidar (Nelson & Gilbert, 2008; Ruetti et al., 2009; Tulving, 1985).

En la memoria a largo plazo se presenta el proceso de recuperación de la información, que se realiza mediante el reconocimiento y la evocación. El reconocimiento permite extraer información a través de lo que se percibe, en cambio la evocación se realiza con claves como por ejemplo el tamaño, la forma o el color. Dicho proceso se realiza con la interacción que establece la memoria de corto y largo plazo (Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Solís & López-Hernández, 2009; Arándiga, 2005).

La clasificación de la memoria permitió explicar el proceso y la función, sin embargo, este proceso cognitivo aún se describía como un proceso unitario. Ante ello, nuevos modelos teóricos como el propuesto por Baddeley y Hitch en 1974, retoman esta clasificación para explicar cómo intervienen otros

subsistemas de memoria en el proceso de registro, almacenaje y evocación de diferente tipo de información. A continuación, se describe el modelo de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch.

Modelo de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch

Baddeley y Hitch presentaron en 1974 un modelo teórico que redefinió el concepto de memoria a corto plazo, al explicar sus funciones en base a dos aspectos. El primero señala que la memoria a corto plazo se compone de subsistemas y el segundo, que la memoria es indispensable en el desempeño de tareas cognitivas relacionadas con el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión (Baddeley, 1996a; Baddeley & Hitch, 1974; D'Esposito, 2007).

En base a ello, Baddeley y Hitch (1974), plantearon que la memoria a corto plazo es un sistema que retiene de forma temporal una cantidad limitada de información, en la cual se analiza, organiza y combina con información previa a través de la memoria de trabajo (Baddeley & Hitch, 1974, 2000; Baddeley, 1999a).

La memoria de trabajo es un término que Baddeley y Hitch (1974) adoptaron de Miller, Galanter y Pribram para referirse a la forma en que la información se mantiene vigente en la mente, a través de la intervención de diferentes subsistemas (Baddeley, 2003; Miller, Galanter & Pribram, 1960).

Estos subsistemas son el componente fonológico que procesa información verbal, el visoespacial con el cual se manipula información visual y espacial, así como el componente episódico encargado de integrar información reciente y antecedente. Además, cuenta con sistema ejecutivo central que se encarga de coordinar las funciones de estos componentes (Baddeley, 1974; 1992; 2012).

Las funciones del sistema ejecutivo central no fueron fáciles de definir, debido a la complejidad del sistema. Esto implicó la integración del concepto propuesto en el modelo de Norman y Shallice, quienes lo definieron como un mecanismo de control atencional (Baddeley, 1996a, 1996b).

El modelo de Baddeley y Hitch (1974) también se sustentó en estudios de

pacientes, cuyas lesiones cerebrales afectaron las funciones de diferentes tipos de memoria (Baddeley & Hitch, 2000; Baddeley, 1983). Los resultados indicaron que la lesión del hipocampo afecta el repaso y el mantenimiento de la información, funciones relacionadas con la memoria de trabajo (Scoville & Milner, 1957; Squire, 2009).

El modelo de Baddeley y Hitch (1974) también se sustenta en los estudios realizados por Conrad, quien identificó que las palabras cortas (5 elementos) son más fáciles de recordar, a diferencia de aquellas que sobrepasan esta cantidad. De acuerdo a Conrad, este efecto se debe a que la duración del recuerdo decae cuando la palabra es muy larga y se recuerda cuando tiene significado.

Por otro lado, observó que letras con características fonéticas similares como b, c, g, p, d, son más difíciles de recordar y letras con fonética diferente como k, l, q, r, se facilita su recuerdo. Esto se debe a que, al entremezclarse información con similitud en sonido, escritura y pronunciación, presenta problemas de procesamiento y por consiguiente confusión. Con esta información se concluyó que la memoria a corto plazo depende de códigos de sonido (Baddeley, 1966, 1983; Conrad, 1964).

En base a estos estudios, Baddeley desarrollo investigaciones en las que contrastó el recuerdo de palabras con sonido similar y diferente, así como significado similar y diferente. Los resultados indicaron que el 10% de aciertos fueron sonidos similares y 80% sonidos distintos, además que el 71% de aciertos fueron de palabras con significado similar y 65% de significado diferente.

Con ello evidenció que, al mostrar sonidos similares, se aumenta el número de errores y palabras con distinto sonido, pero mismo significado presentan un mayor número de aciertos. Esto permitió demostrar que la información que se procesa en la memoria a corto plazo, se relaciona con él sonido y no con el significado. También observó que pacientes a quienes se les presenta información verbal de forma visual no muestran dificultad para repetirla, no así, cuando se les presenta de forma auditiva. Con estos estudios se demostró que

la longitud de las palabras, el habla no entendida y la supresión articulatoria producen interferencia en el procesamiento fonológico (Baddeley, 1966, 2003, 2012).

Por otra parte, se realizó un estudio para demostrar las funciones del sistema ejecutivo, el cual consistió en demostrar la capacidad de enfocar la atención a través de dos tareas simultáneas. Los participantes fueron pacientes con Alzheimer, adultos mayores y jóvenes sanos. Los resultados indicaron que la ejecución de los adultos mayores y los jóvenes en ambas tareas fue similar, no así la de los pacientes con Alzheimer cuyo su desempeño se vio deteriorado (Baddeley & Hitch, 2000; Baddeley, 1996a, 1992).

Los hallazgos de estos estudios, delimitaron que la memoria de trabajo requiere de elementos como el significado, el sonido, las palabras y la extensión de las mismas, para mantener la información y distinguirla de otro tipo de memorias. Además, se identificó que las funciones de cada sistema de memoria, no radican en la duración, sino en el cómo intervienen en el proceso de transferencia de información de un sistema a otro (Baddeley & Hitch, 2000; 1983).

Por otro lado, surgieron críticas que plantearon la falta de claridad para explicar ¿Por qué la capacidad de almacenaje aumenta cuando se agrupa la información?, ¿cómo y dónde se integra la información del componente fonológico y visoespacial?, ¿cómo se enlazan con la información alojada en la memoria a largo plazo? Para explicar estas y otras preguntas, Baddeley integró al modelo el componente episódico, el cual describe como un sistema independiente cuya función es integrar información proveniente de los componentes y de la memoria a largo plazo (Baddeley, 2000, 2012; Ruetti et al., 2009).

Para ahondar y comprender este sistema de memoria de trabajo, a continuación, se detallan las características, funciones y los componentes que la conforman.

Memoria de trabajo

Baddeley y Hitch definen a la memoria de trabajo como un sistema que se encarga de analizar, manipular y combinar temporalmente diferente tipo de información, mientras se realiza alguna actividad. Este análisis implica que el contenido de información reciente como precedente, se organice, diferencie y combine a través de sus características o atributos, como son color, forma, tamaño, sonido o significado. Esto permite no solo codificar información, sino además recuperarla (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1996a, 1999a, 1999b; D'Esposito, 2007).

Para llevar acabo estas funciones, Baddeley y Hitch plantearon que la memoria de trabajo requiere de subsistemas para mantener y procesar diferente tipo de información. Estos niveles de procesamiento se conforman por el componente fonológico, visoespacial, episódico y el sistema ejecutivo central, que se describen a continuación.

Componente fonológico

El componente fonológico de acuerdo a Baddeley y Hitch (1974) es un subsistema que se encarga de procesar información verbal, a través del repaso interno que permite mantenerla durante dos segundos aproximadamente, para el desempeño de funciones relacionadas con el habla, la lectura, la comprensión del lenguaje, y adquisición de vocabulario. Para ello cuenta con dos subsistemas, el fonológico y el articulatorio (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1983, 1992, 2000; D'Esposito, Postle & Rypma, 2000).

El subsistema fonológico, tiene la función de identificar características auditivas del lenguaje (intensidad, tono y timbre). En este sistema de memoria, la información que ingresa vía auditiva, se mantiene alrededor de dos segundos, con el fin de darle sentido a las palabras en base a la pronunciación y significado (Baddeley, 2012; Baddeley, Kopelman & Wilson, 2004; Tirapu-Ustárrroz & Muñoz-Céspedes, 2005).

Por otro lado, la función del sistema articulatorio consiste en repetir información verbal, para mantenerla disponible durante dos segundos. Cuando la información verbal se presenta de forma visual (letras o palabras), esta se transforma y adquiere propiedades fonológicas (Baddeley et al., 2004; Baddeley, 1992; Ballesteros, 1999).

Para realizar un adecuado procesamiento de la información verbal se requiere que el sonido de la palabra no mantenga similitud con otras, que la longitud de la palabra sea corta, que la información se repase de forma sub-vocal y se cuente con códigos de transferencia visuales y auditivos (Awh, Jonides, Smith, Schumacher, Koeppe & Katz, 1996; Baddeley & Hitch, 2000; Baddeley, 1992, 2012).

Estas funciones dependen de la activación de estructuras cerebrales que se localizan generalmente en el hemisferio izquierdo (Braver, Cohen, Nystrom, Jonides, Smith & Noll, 1997; Flores & Strosky, 2008; Jonides, Schumacher, Smith, Koeppe, Awh, Reuter-Lorenz & Willis, 1998; Nyberg et al., 2003; Smith, Jonides & Koeppe, 1996). Entre ellas se encuentra el tercio posterior de la primera circunvolución de la corteza temporal o área de Wernicke, área relacionada con el reconocimiento fonológico del lenguaje, es decir, la identificación de sonidos (Awh et al., 1996; Burraco, 2006; Cabrales, 2015; Gruber, 2003; Flores & Ostrosky, 2008; Smith & Jonides, 1998; Vendrell, 2001). La lesión de esta área, dificulta diferenciarlos y por consiguiente comprender su significado. Asimismo, se observan dificultades en la retención de información verbal, cuando se lesiona la segunda circunvolución de la corteza temporal (Ardila & Ostrosky-Solís, 2009; Kaan & Swaab, 2002). Los pacientes con lesiones en esta área, no pueden distinguir ni repetir sonidos y solo realizan esta acción, cuando se les muestra una imagen del estímulo.

Otra área relacionada con el lenguaje es la tercera circunvolución de la corteza prefrontal o área de Broca. Esta área está implicada en la repetición o repaso subvocal, es decir, en la producción del habla y procesamiento del lenguaje (Braver et al., 1997; Cabrales, 2015; Castaño, 2003; D'Esposito, 2007; Vendrell, 2001). Su lesión implica la disminución en la expresión y fluidez verbal, así

como dificultad para retener información relacionada con lo que leen, escriben o escuchan. Esto implica que se tiendan a omitir detalles, recordar fragmentos, cambian palabras, repetir una y otra vez la información (Luria, 1986; Trejo et al., 2007).

Componente visoespacial

El componente visoespacial de acuerdo a Baddeley y Hitch (1974) es un subsistema de la memoria de trabajo encargado de mantener información a través de imágenes visuales (forma y color; figura-fondo) y espaciales (localización y ubicación de objetos en el espacio), por lo que sostiene una estrecha relación con la información que ingresa de forma visual (Baddeley et al., 2004, 2012; Baddeley, 1983; Ballesteros, 1999; D'Esposito et al., 2000; Tirapu-Ustárroz & Muñoz-Céspedes, 2005). Su función se relaciona principalmente en la realización de cálculos matemáticos, recuerdo de imágenes, localización espacial de objetos, orientación geográfica, así como la planificación de movimientos corporales. Se caracteriza por contar con una capacidad limitada, lo que dificulta que se realicen dos tareas a la vez (Baddeley, 1983, 2012; Muñoz et al., 2011).

Las funciones visuales de este componente se relacionan con la activación del hemisferio derecho, la corteza parietal posterior, el giro frontal medial, surco frontal superior, así como el área 6, 19, 40 y 47 de Broadman, ubicada en la corteza occipital. La función de estas áreas se relaciona con la capacidad de percibir, identificar y detectar una serie de signos o rasgos de un objeto, a través de la vía visual (Baddeley, 2000; Carlson et al., 1998; Luria, 1986; Smith et al., 1996; Smith & Jonides, 1998). La lesión de estas áreas propicia visión difusa, reducción del campo visual, desintegración de los rasgos del objeto, problemas para discriminar objetos, dificultad para retener la localización espacial de estímulos visuales o reconocer colores (Ardila & Ostrosky-Solís, 2009; Carvajal-Castrillón, Aguirre & Restrepo, 2009; Colomé, Sans, López-Sala & Boix, 2009).

Las funciones espaciales están vinculadas con la región de la corteza parietooccipital. En esta área, la orientación espacial está en función de la percepción del individuo en relación al entorno, es decir, orientarse y distinguir su lado izquierdo del derecho, adelante o atrás, arriba y abajo (coordenadas geométricas) (Blázquez-Alisente, Paúl-Lapedriza & Muñoz-Céspedes, 2004; Cabrales, 2015; Smith & Jonides, 1998). La lesión de la región parietooccipital, provoca problemas para dirigirse hacia un lugar específico, orientarse y distinguir su ubicación en relación al espacio. También se observa dificultad para realizar de forma correcta, actividades cotidianas que requieren orientación espacial como vestirse, tender cama, manejar un auto, escribir o leer un texto. De igual forma se presenta dificultad para copiar figuras geométricas, reproducir letras, así como ubicar la posición de un objeto. Esto puede afectar la comprensión del lenguaje, resolver operaciones lógico-gramaticales y de cálculo, al olvidar palabras, números u operaciones que son elementos base para su realización (Blázquez-Alisente et al., 2004; Carvajal-Castrillón et al., 2009; Luria, 1986). La dificultad de reconocer o ubicar un objeto de forma visual, puede provocar problemas para recordar información, es decir, impedir que la información reciente se enlace con la presente y con ello dificultad para comprender la información, así como generar nuevos recuerdos.

Componente episódico

El componente episódico de acuerdo a Baddeley y Hitch (1974), es un sistema independiente, de capacidad limitada que interviene en la integración y transferencia de información de los componentes de la memoria de trabajo y de largo plazo. Para ello combina diferentes códigos o características relacionadas con el color, ubicación, olor o textura que se integran a través del tiempo para conformar un nuevo significado de la información, es decir, una imagen que integra escenas o episodios (Baddeley, 2000; Hernández-Ramos, 2011; Hunt & Ellis, 2007; Tirapu-Ustárroz & Muñoz-Céspedes, 2005). Estas escenas o episodios adquieren significado y se relacionan con situaciones vividas, es

decir, experiencias previas, objetos, rostros, nombres, conceptos, lugares o hechos. Su evocación depende principalmente de la activación de la corteza prefrontal, el lóbulo temporal, giro frontal medial derecho, así como de la formación hipocampal. La amígdala también interviene en el recuerdo de vivencias al regular y producir respuestas de tipo emocional (miedo, alegría, tristeza, ira, sorpresa y asco) (Gruber & Von Cramon, 2003; Nyberg et al., 2003; Solís & López-Hernández, 2009; Squire, 2009). La lesión en estas estructuras cerebrales conlleva a que los individuos cometan errores al evocar información relacionada con datos personales, actividades o lugares. También se puede presentar el olvido de información reciente, al lesionarse el hipocampo, cuya función se relaciona con el mantenimiento de la información para relacionarla con la ya existente (Luria, 1986).

Sistema ejecutivo central

El sistema ejecutivo central de acuerdo a Baddeley y Hitch (1974), es un sistema que no almacena información y se activa cuando la información es relevante, por lo que realiza funciones relacionadas con la atención, es decir, selecciona y controla el ingreso de la información para definir lo que es relevante y lo que no, para más tarde dirigirla a cada subsistema de memoria. Por ello se define como un sistema controla, coordina y asigna las funciones de los componentes de la memoria de trabajo (Baddeley & Hitch, 2000; Baddeley, 1983, 1996; Tirapu-Ustárróz & Muñoz-Céspedes, 2005).

Para efectuar estas funciones, el sistema ejecutivo depende de capacidades relacionadas con la planificación, organización, selección y control de la información, así como enlazar información de la memoria a corto y largo plazo (Baddeley, 1992, 1996a, 1999b; Etchepareborda & Abad-Mas, 2005; Muñoz et al., 2011). Sus funciones dependen de la corteza prefrontal ventrolateral, área vinculada con la organización, búsqueda, selección y verificación (Cohen Perlstein, Braver, Nystrom, Noll, Jonides & Smith, 1997; D'Esposito et al., 2000; Goel, 2001; Jonides et al., 1998; Nyberg et al., 2003; Smith & Jonides, 1998).

Los pacientes con lesiones en esta área, presentan dificultad para procesar y recordar información (entre 5 o 6 elementos), inhibir, describir detalles o mencionan otros no solicitados, tienden a mezclar información, incurren en errores y no los corrigen, además de presentar problemas para tomar decisiones (Luria, 1986; Margulis Leiva, Micciuli, Abusamra & Ferreres, 2012; McAllister, Flashman, Guerin, Mamourian & Saykin, 2001; Ruíz et al., 2001; Smith & Jonides, 1998).

Para determinar las áreas cerebrales que se relacionan con las funciones de la memoria de trabajo y sus componentes, se aplican tareas como la N-Back que evalúan este proceso cognitivo y que a continuación se describe.

Evaluación de la memoria de trabajo

Hoy en día se cuenta con una gran variedad de tareas que evalúan diversos procesos cognitivos, las cuales difieren entre sí en cuanto a la forma de presentación, contenido, intervalo, duración del estímulo, así como en el tipo de respuesta que se espera.

Las tareas que evalúan la memoria de trabajo, se fundamentan en el principio de presentar estímulos que propicien la conservación de la información por un período corto de tiempo (segundos), para efectuar actividades relacionadas con la misma información retenida (Carlson et al., 1998; Martinkauppi et al., 2000; Owen et al., 2005).

En base a este principio, la memoria de trabajo se evalúa a través de la presentación auditiva o visual de estímulos relacionados con letras, números o imágenes, a los cuales las personas tienen que emitir una respuesta específica, que indique si el estímulo se presentó o no anteriormente (Tomé & Lessa, 2009; Junqué, 2011; Owen, McMillan, Laird & Bullmore, 2005; Rivas, 2008; Smith & Jonides, 1998). Cuando la respuesta indica que el estímulo sí se presentó, se le denomina *hits* y si no es así, se designa como *rejection* (Baddeley et al., 2004). Este tipo de respuestas se consideran como indicadores esenciales para la evaluación de la memoria. Su cuantificación permite determinar la cantidad de

respuestas emitidas o recordadas y con ello identificar la capacidad de retener de la información. Estos datos se obtienen con el porcentaje de respuestas correctas. El tiempo de reacción es otro indicador que se emplea para evaluar diferentes procesos cognitivos. Se utiliza con el fin de medir la velocidad de respuesta, es decir, el tiempo que una persona tarda en responder, después de la presentación del estímulo (Rivas, 2008; Tomé & Lessa, 2009).

Entre las tareas que evalúan la memoria de trabajo, se encuentra la tarea N-Back, que es una tarea de ejecución continua que permite la retención momentánea de la información a través del repaso constante (Carlson et al., 1998; Owen et al., 2005; Smith & Jonides, 1998; Tomé & Lessa, 2009). Wayne Kirchner fue quien desarrolló esta tarea en 1958, con el propósito de investigar la retención de información en personas de diferentes edades (Kirchner, 1958). Esta tarea se utiliza generalmente en el área de las neurociencias, la clínica y la investigación del envejecimiento, debido a que su diseño permite manipular la presentación de los estímulos (auditivos o visuales) y capturar las respuestas con facilidad, además, se adecua al modelo de memoria de trabajo que plantean Baddeley y Hitch (Baddeley & Hitch, 1974).

La tarea N-Back se caracteriza por presentar estímulos auditivos o visuales que deben ser reconocidos y comparados con aquellos estímulos que se mostraron n número de posiciones atrás. Las versiones que tienen la posición 0, 1 y 2-Back son las más comunes, sin embargo, el número de posiciones pueden aumentar.

La 0-Back consiste en recordar el evento que se mostró al inicio de la tarea, e indicar si este se presenta o no durante la exposición de los estímulos. El tipo de ejecución no implica la manipulación sino la selección de la información, por lo que se evalúa la atención sostenida no la memoria de trabajo. Sin embargo, la tarea 0-Back se utiliza como control (Hunt & Ellis, 2007; Junqué, 2011; Owen et al., 2005; Smith & Jonides, 1998). En la 1-Back, se debe indicar si el estímulo que se escucha u observa es igual o no al anterior. Para ello es indispensable la intervención de la atención selectiva. La 2-Back en cambio, consiste en comparar el estímulo auditivo o visual que se presenta, con el que apareció dos

posiciones atrás. La forma en que se muestran los estímulos, propicia el mantenimiento y manipulación de la información, funciones relacionadas con la memoria de trabajo (Jaeggi, Buschkuhl, Perrig & Meier, 2010; Kane, Conway, Miura & Colflesh, 2007).

La evaluación de la memoria de trabajo con tareas N-Back y el uso de técnicas de neuroimagen, permitieron identificar áreas del cerebro relacionadas con este proceso cognitivo (Carlson et al., 1998; D'Esposito et al., 2000; Smith & Jonides, 1998). Los resultados de estos estudios señalan que el componente fonológico se relaciona con la corteza parietal posterior del hemisferio izquierdo (Awh et al., 1996; Braver et al., 1997; Smith & Jonides, 1998), el componente visoespacial con la corteza parietooccipital (Blázquez-Alisente et al., 2004; Cabrales, 2015; Smith & Jonides, 1998), el giro frontal medial, el surco frontal superior y el surco intraparietal (Carlson et al., 1998; Reuter-Lorenz et al., 2000) y el ejecutivo central se le relaciona con la corteza prefrontal ventrolateral (Cohen et al., 1997; D'Esposito et al., 2000; Goel et al., 2001; Jonides et al., 1998; Nyberg et al., 2003). Otras estructuras cerebrales que también se relacionan con la memoria de trabajo son el cerebelo, la corteza occipital, temporal, la amígdala y el hipocampo (Junqué, 2011; Ruetti et al., 2009; Solís & López-Hernández, 2009).

De estas evidencias, también surgen críticas relacionadas con la validez de la tarea N-Back. Entre ellas se encuentran las de Kane (2007), quien señala que solo la sección 2-Back muestra resultados similares a los de otras tareas que avalúan la memoria de trabajo como son el Test de Matrices Progresivas de Raven (The Raven's Advanced Progressive Matrices Test, RAPM) y la Tarea de Capacidad de Memoria (Operation Span Task, OSPAN) (Kane et al., 2007). La RAPM es una prueba de papel y lápiz que contiene ocho figuras en blanco y negro y con una figura que falta. De las ocho figuras el participante debe elegir la que mejor complete el patrón. La evaluación se realiza en base al número total de elementos que respondió correctamente. En la tarea OSPAN, el participante debe de leer un problema matemático para poder responderlo inmediatamente después (Kane et al., 2007). No obstante, los estudios de

Schmiedek y colaboradores (2014), así como los de Wilhelm y colaboradores (2013), confirman la validez de la N-Back, al compararla con otras tareas de memoria de trabajo, cuando se realiza un análisis factorial confirmatorio (Schmiedek, Lövdén & Lindenberger, 2014; Wilhelm, Hildebrandt & Oberauer, 2013).

En base a los resultados de este tipo de estudios, hoy se conocen aspectos relacionados con la función y características de la memoria de trabajo. Sin embargo, aún falta por explicar cómo se afecta este proceso cuando las personas se privan o reducen la duración de su dormir. A continuación, se describen algunos de estos estudios.

Privación parcial del dormir y memoria de trabajo

Las investigaciones sobre privación parcial del dormir indican que esta condición afecta la memoria de trabajo. A continuación, se presentan estudios que exponen sus resultados.

Dinges y colaboradores (1997) realizaron un estudio que consistió en reducir el dormir, por debajo de lo habitual. Participaron 16 voluntarios adultos con una edad promedio de 22.9 años y quienes fueron su propio control. Dos días antes del registro, los participantes durmieron ocho horas en el hospital de la universidad y al tercer día se les restringió a cuatro horas del dormir, esta condición duró siete días consecutivos. Al octavo día los participantes fueron asignados al azar a un grupo de recuperación (n=8) y a otro grupo que permaneció 2 días más con restricción del dormir (n=8). Durante los días que duro el registro, cada participante fue evaluado a las 10:00, 16:00 y 22:00 h con una batería de pruebas que incluyo la tarea de vigilancia psicomotora (PVT) para evaluar la atención sostenida y la memoria de trabajo. Específicamente la memoria de trabajo se evaluó a través del número correcto de ítems. Los resultados indicaron que la privación parcial del dormir por varios días afecta la memoria de trabajo. Por lo que los autores concluyeron que reducir en promedio 5 h por noche durante siete días consecutivos afecta el desempeño,

produce somnolencia, fatiga, stress y decae la eficiencia en el desempeño en la PVT. El estudio detalla los efectos de la privación parcial prolongada, sin embargo, al analizar y evaluar diversos procesos cognitivos con la misma tarea, impide conocer de forma clara los efectos de la privación parcial del dormir sobre la memoria de trabajo (Dinges, Pack, Williams, Gillen, Powell, Ott & Pack, 1997).

Van Dongen y colaboradores (2003) realizaron un estudio para determinar si es posible reducir el dormir de forma crónica sin implicaciones. Participaron 48 personas entre 21 y 38 años, quienes fueron distribuidos en base a las horas de duración de sueño. En el grupo de 4 horas contó con 13 participantes (27.7 ± 5.4), en el de 6 horas participaron 13 personas (30.1 ± 4.5), el de 8 horas se conformó por 9 participantes (24.1 ± 2.2) y en el grupo de 0 horas (privación total) se asignaron 13 personas (27.3 ± 4.6), quienes permanecieron 3 días sin dormir. Dos días antes del registro, los participantes durmieron 8 horas (23:30–07:30 h) y después de ello cada grupo durmió la cantidad de horas asignadas durante 14 días. La memoria de trabajo se evaluó por medio de una tarea computarizada que consistió en presentar números del 0 al 9. Se tomaron en cuenta las respuestas correctas para medir el rendimiento. Los resultados obtenidos indicaron que dormir 4 horas de forma crónica, provoca bajo rendimiento en la memoria de trabajo, efecto que también se observa cuando se permanece dos días sin dormir. Es importante mencionar que el diseño del estudio permite evitar los efectos de la práctica y observar claramente los efectos de la privación sobre la memoria de trabajo. Sin embargo, no refieren como se afecta cada componente y de qué forma (Van Dongen et al., 2003).

Stenuit y Kerkhofs (2005) desarrollaron un estudio con el objetivo de investigar la influencia de la edad sobre los efectos de la restricción de sueño en mujeres. Participaron once mujeres jóvenes de entre 20 y 30 años, así como, diez mujeres adultas de entre 55 y 65 años. Dos semanas previas al estudio las participantes durmieron de 23:00 a 07:00 h y fueron monitoreadas con un actígrafo que fue colocado en la muñeca de su mano no dominante. Transcurridos estos días las participantes durmieron en el laboratorio durante

cinco noches consecutivas. El primer día del estudio durmieron ocho horas y fue tomado como línea, mientras que del segundo al cuarto día durmieron de 01:00 a las 05:00 h, es decir, solo cuatro horas. Al llegar el quinto día las participantes volvieron en el horario del primer día de registro. Durante los cinco días de registro se aplicó a las 09:00, 13:00 y 17:00 h la tarea de vigilancia psicomotora (PVT) cuya duración fue de 10 minutos con la cual se evaluaron procesos como la atención selectiva, abstracción, memoria a largo plazo y de trabajo, cuyos resultados indican que la privación parcial consecutiva afecta más a las mujeres jóvenes. Cabe destacar que la evaluación de diferentes procesos a través de una misma tarea, impide el análisis de cada componente de la memoria de trabajo. Por otro lado, los resultados no especifican con claridad los efectos de la privación parcial del dormir sobre la memoria de trabajo (Stenuit & Kerkhofs, 2005).

Casement y colaboradores (2006), evaluaron la memoria de trabajo en condiciones sin y con privación parcial de sueño. Para ello, se contó con la participación de 22 voluntarios, cuyas edades fluctuaban entre los 21 y 30 años. Dos días previos al registro, los participantes durmieron de las 23:00 a las 07:00 h y a partir del tercer día fueron asignados al azar al grupo con restricción del dormir ($n=11$) y sin restricción ($n=11$). El grupo con restricción del dormir durmió de 03:00 a 07:00 h y mantuvo esta condición por nueve días. La evaluación de ambos grupos se realizó a diario a partir de las 10:00 h. Los resultados obtenidos indican que la ejecución del grupo que durmió 8 horas, mejoró su tiempo de respuesta en 9 días, es decir, fueron más rápidos a diferencia del grupo que durmió solo 4 horas por día. Con estos datos Casement et al., (2006), muestran que cuando se duerme una cantidad de horas adecuadas el desempeño de la memoria de trabajo mejora con la práctica, pero cuando el dormir se restringe cuatro horas diarias de forma prolongada, disminuye la eficiencia de sus funciones. En este estudio, los resultados describen que las funciones de la memoria de trabajo se afectan, sin embargo, no determina que componente se ve afectado con la privación parcial prolongada del dormir (Casement et al., 2006).

Lo y colaboradores (2012), realizaron un estudio con el fin de observar los efectos que implica prolongar el estado de vigilia en los individuos y el efecto de la fase circadiana. En este estudio se contó con la colaboración de 36 personas con una edad promedio de 27 años. El estudio consistió en evaluar la alerta, atención sostenida, funciones ejecutivas y memoria de trabajo en condiciones de privación parcial y total del dormir. Para evaluar la memoria de trabajo se utilizó una tarea N-Back que constó de las secciones 1, 2 y 3-Back. Los resultados obtenidos de la condición de privación parcial repetida (5to y 6to día de privación parcial del dormir) fueron contrastados con los de privación total. De acuerdo a estos resultados se observaron efectos significativos en el nivel tres de la tarea verbal de la memoria de trabajo en la condición de privación parcial repetida. No obstante, la privación parcial de sueño tiene mayor efecto en la somnolencia y atención sostenida a diferencia de la memoria de trabajo la cual es menor (Lo et al., 2012).

En resumen, estos estudios demuestran que la privación parcial del dormir tiene efectos sobre las funciones que realiza la memoria de trabajo, sin embargo, el uso de diferentes tareas que analizan simultáneamente otros procesos cognitivos, limita la observación y generalización de los resultados. Esto conlleva a una falta de claridad de los efectos sobre los componentes de este proceso. Así mismo se observa que los pocos estudios que evalúan este proceso, sólo evalúan uno de los componentes de la memoria de trabajo. Esto impide hacer un análisis preciso de los efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes de la memoria de trabajo. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue analizar los efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo.

CAPÍTULO III

MÉTODO

La presente investigación se realizó con el objetivo de identificar los efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes fonológico y visoespacial de la memoria de trabajo. El estudio es de tipo exploratorio basado en un diseño pre-experimental de enfoque cuantitativo, con una muestra no probabilística. El desarrollo del estudio se llevó a cabo de acuerdo con las normas éticas establecidas en la declaración de Helsinki.

Participantes

En el estudio participaron 13 estudiantes universitarios voluntarios; 5 hombres y 8 mujeres, con un rango de edad de 17 a 20 años (edad promedio 18.77 ± 2.20). Los participantes acudían a clases de lunes a viernes en el turno matutino (horario de entrada: entre 07:00 y 10:00 h; horario de salida: entre 12:00 y 14:00 h). En este estudio no se incluyen estudiantes que estuvieran bajo algún tratamiento médico, consumo de fármacos o sustancias que alteran las funciones del sistema nervioso. Así como tampoco aquellos que presentaron problemas auditivos y visuales.

Aparatos e instrumentos

Carta de aceptación

Este documento se aplicó con la finalidad de informar a los participantes sobre el objetivo y condiciones del estudio. Los participantes ratificaron su participación voluntaria al firmar de conformidad una carta de aceptación (Apéndice A). En el caso de los participantes menores de edad, se solicitó que los padres o tutores firmaran el documento para autorizar la participación de sus hijos (Apéndice B).

Cuestionarios de datos generales

Este cuestionario cuenta con dos secciones: la primera sección aborda información sobre los datos personales, horarios de clases, actividades extraescolares y período menstrual (Apéndice C). En la segunda sección se recaba información sobre aspectos de la salud física y cognitiva, consumo de sustancias, enfermedades, trastornos o accidentes que afectan al sistema nervioso (Valdez, Ramírez & García, 1996) (Apéndice D).

Cuestionario de autoevaluación de la fase circadiana

La Autoevaluación de la fase circadiana (*Morningness-Eveningness Questionnaire*) es un cuestionario que permitió identificar las preferencias de las personas en base a la hora del día en la cual realizaban sus actividades (Horne & Östberg, 1976; Valdez, 2015). Estas preferencias se clasificaron en tres categorías: madrugadores, personas que tienden a realizar sus actividades en las primeras horas de la mañana; trasnochadores, personas que prefieren realizar sus actividades en horarios nocturnos; e intermedios, personas que no tienen una tendencia ni madrugadora, ni trasnochadora (Borbély, 1993, 2004) (Apéndice E).

Cuestionario de trastornos del sueño

A través de este cuestionario se detectan alteraciones del dormir, tales como insomnio, somnolencia excesiva, parálisis del dormir o parasomnias. Su uso permitió identificar la presencia o ausencia de trastornos del dormir en los participantes (Valdez, 2015) (Apéndice F).

Diario del dormir

Este cuestionario permite el registro diario de información relacionada con hábitos y horarios del dormir. Incluye preguntas acerca del inicio, terminación,

duración del dormir, siestas, consumo de alimentos, bebidas con cafeína y tabaco. Con la información recabada se identifican los horarios y duración del dormir de los participantes los días previos, durante y después de los registros en el laboratorio (Valdez, 2015) (Apéndice G).

Escalas visuales analógicas de somnolencia y cansancio

A través de estas escalas se registra el grado de somnolencia y cansancio subjetivo de las personas. El registro implica plasmar una marca sobre una línea horizontal que mide diez centímetros de largo. El extremo izquierdo indica el grado mínimo de sensación, mientras que el extremo derecho indica la sensación máxima de somnolencia o cansancio (Cluydts et al., 2002; Curcio, Casagrande & Bertini, 2001) (Apéndice H).

Equipo de cómputo

Para la aplicación de las tareas de memoria de trabajo, se utilizó el programa SuperLab 4.5 (Cedrus, 2011), el cual se instaló en una computadora de escritorio para presentar los estímulos y capturar las respuestas de los participantes. El monitor de 14", se configuró a una resolución de (800X600) y se colocó a 60 cm de distancia del participante. Para la emisión de respuestas se utilizaron teclados de precisión *High Mechanical Keyboard Leopold* modelo N° FC3456-A.

Audífonos

Los estímulos auditivos se presentaron a través de audífonos plegables giratorios modelo MDR ZX100 de la marca Sony. Cada bocina tiene un diámetro de 30 mm (milímetros) y un sonido de 100 dB/mW (decibeles/megavatio). Cuenta con un cable de 1.2 m de longitud en forma de Y, además de un mini conector estéreo en forma de L. Tienen una frecuencia de respuesta de 12 a 22.000 Hz (Hertz) con una potencia de 1000 mW.

Tareas para evaluar los componentes de la memoria de trabajo.

Para evaluar los componentes de la memoria de trabajo, se usaron dos tareas tipo N-Back. La N-Back auditiva para evaluar el componente fonológico y la N-Back visual para el visoespacial (Carlson et al., 1998; Vuontela et al., 2003). Cada tarea se conforma de tres secciones que son 0-Back, 1-Back y 2-Back. La sección 0-Back, consiste en indicar si el estímulo que se observa es igual o diferente al primer evento que se presentó, lo que implica mayor intervención de atención sostenida y no memoria de trabajo. La 1-Back consiste en responder, si el evento que se observa es o no igual al que apareció inmediatamente antes. Esta condición requiere de la intervención de atención selectiva y un nivel bajo de memoria de trabajo. La sección 2-Back consiste en indicar si el estímulo que se presenta es igual o diferente al que apareció dos posiciones antes. Esta condición demanda mayor intervención de memoria de trabajo en relación a la 0 y 1-Back.

En la tarea N-Back auditiva como visual, se presentaron al azar 65 estímulos en la sección 0-Back y 1-Back, y 66 en la sección 2-Back. De estos estímulos, el cincuenta por ciento (32 eventos) coinciden con el estímulo meta, mientras que el otro cincuenta por ciento no coincide.

A continuación, se explican las características e instrucciones para responder la tarea N-Back auditiva y posteriormente las relacionadas con la tarea N-Back visual.

Tarea N-Back auditiva

Por medio de la tarea N-Back auditiva, se evalúa el componente fonológico de la memoria de trabajo a través de estímulos auditivos. Los estímulos auditivos emitidos en esta tarea fueron las sílabas: Ce, Che, Gue, Ke, Le, Pe, Re y Ye, grabadas en idioma español, en sonido estéreo y emitidas por medio de audífonos. Cada sílaba tuvo una duración máxima de 300 ms. Después de escuchar el estímulo, los participantes tuvieron un intervalo de 3000 milisegundos (ms), para emitir una respuesta. Para ello, el participante tenía

que presionar con el dedo índice de la mano dominante una tecla de color verde, para indicar si el evento coincidía con el estímulo meta. Si no coincidía, tenía que presionar con el dedo medio una tecla de color rojo (Figura 1).

Tarea N-Back visual

Para evaluar el componente visoespacial de la memoria de trabajo, se usó la tarea N-Back visual. Los estímulos que se presentaron en esta tarea, fueron cuadros negros de texto (fuente Wingding 37) ubicados alrededor del centro de la pantalla, en ocho posiciones diferentes. Dos cuadros ubicados en cada una de las siguientes direcciones con respecto al eje vertical: 45, 135, 225 y 315 grados, el primer cuadro se encontraba a 4 cm del centro y el segundo cuadro a 8 cm del centro, cada evento duraba 100 ms. Durante toda la tarea, el participante debía mantener su vista fija en una cruz ubicada en el centro de la pantalla y responder después de presentarse cada cuadro. El participante tenía 3000 ms para emitir su respuesta. Si el evento coincidía con el estímulo meta, el participante tenía que presionar con el dedo índice de la mano dominante una tecla verde, si no coincidía debía presionar con el dedo medio una tecla de color rojo (Figura 2).

N-Back Auditiva

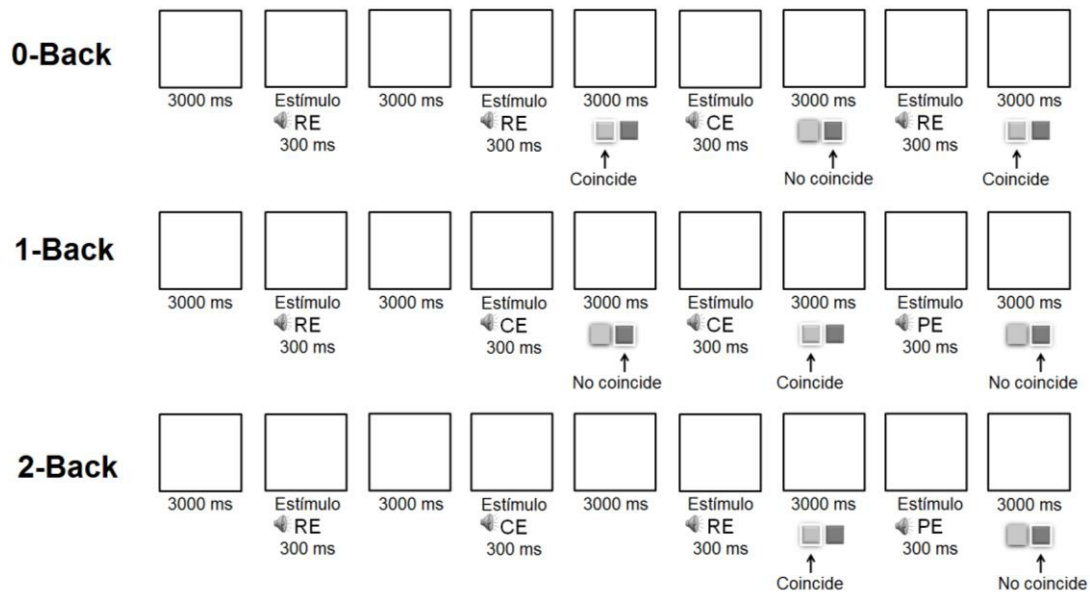


Figura 1. Tarea N-Back auditiva. Esta tarea consiste en presentar series de estímulos auditivos (silabas). En ella se incluyen tres secciones: 0-Back, 1-Back y 2-Back. En la 0-Back el participante debe indicar si la silaba que escuchó es o no la misma silaba que escuchó al inicio de la tarea. En la 1-Back, el participante debe indicar si la silaba que escuchó es la misma o diferente a la que apareció inmediatamente antes. En la 2-Back el participante debe indicar si la silaba que se presentó es igual o no, a la que se presentó dos eventos antes.

N-Back Visual

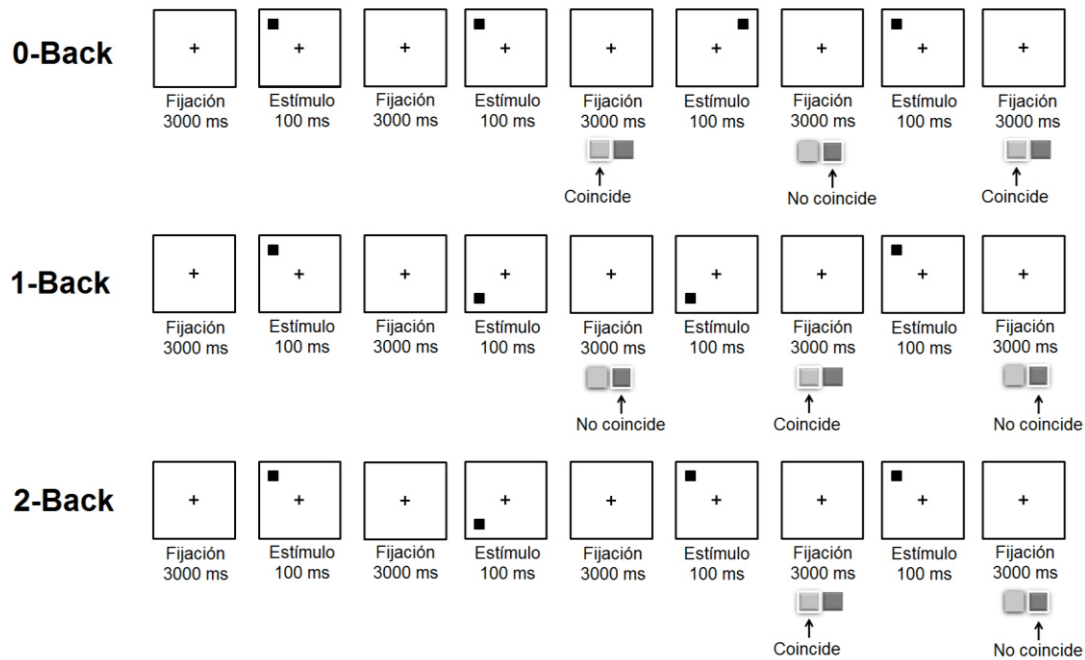


Figura 2. Tarea N-Back visual. Esta tarea consiste en presentar una serie de estímulos visuales (cuadros negros) en una posición o ubicación específica de la pantalla. Esta tarea tiene tres secciones: 0-Back, 1-Back y 2-Back. En la 0-Back, el participante debe indicar si la posición del cuadro que se presentó es o no la misma, a la del cuadro que se presentó al inicio de la tarea. En la 1-Back el participante debe indicar si la posición del cuadro que se presentó, es diferente o no, a la del cuadro que se presentó inmediatamente después del estímulo. En la 2-Back el participante debe indicar si la posición del cuadro, es la misma que se presentó dos posiciones atrás.

Procedimiento

Para la presente investigación, se invitó a los estudiantes a participar de forma voluntaria y se les explicó el objetivo del estudio, las características y condiciones del experimento. Los voluntarios que aceptaron participar, firmaron una carta de consentimiento informado, donde manifestaron que conocían los objetivos del estudio. En el caso de los menores de edad, también los padres o tutores firmaron esta carta para autorizar la participación de sus hijos. El estudio fue aprobado por un comité académico de la Universidad y se llevó a cabo de acuerdo a las normas éticas establecidas en la declaración de Helsinki.

A continuación, se describen las actividades que realizaron los participantes:

- Contestaron la Autoevaluación de la fase circadiana, el cuestionario de datos generales y el cuestionario de trastornos del sueño.
- Durante doce días consecutivos, los participantes contestaron un diario del dormir, en el que se llevó a cabo un registro de sus hábitos de sueño. Además, se registró su somnolencia y cansancio.
- Durante seis de los doce días (de martes a domingo), los participantes durmieron en horarios y condiciones habituales (registro control sin privación del dormir).
- Los siguientes cinco días (de lunes a viernes), se pidió a los participantes que durmieran de 02:00 a 06:00h, por lo que su dormir se redujo a cuatro horas cada noche (privación parcial del dormir).
- Para asegurar que los participantes cumplieran con las condiciones de reducción, se les llamó por teléfono todos los días antes de dormir y a la hora indicada para despertar. Así mismo, se verificó diariamente que los participantes cumplieran con las condiciones mencionadas por medio del diario del dormir.
- Antes del registro, los participantes recibieron instrucciones de cómo responder a los estímulos de las tareas N-Back auditiva y visual, y se verificó que comprendieran la información proporcionada.
- La aplicación de las tareas se llevó a cabo en el laboratorio a las 13:00 h en cada condición: sin reducción del dormir o registro control (C), durante la

reducción del dormir: primer día (RD1), cuarto día (RD4), quinto día (RD5) de reducción y un día después de la privación la, es decir, la recuperación del dormir (R).

- Al inicio de cada registro, cada participante contestó las escalas subjetivas de somnolencia y cansancio, posteriormente, contestaron las tareas N-Back auditiva y visual.
- Después de permanecer durante cinco días consecutivos en condiciones de reducción del dormir, se les permitió dormir libremente durante un día (día de recuperación).

Análisis de datos

En el presente estudio, se analizaron los datos de la hora de inicio, del despertar y la duración del dormir, de los días previos y de registro, así como el grado de somnolencia y cansancio que presentaron los participantes al iniciar la aplicación de tareas. Se analizó el porcentaje y tiempo de reacción de respuestas correctas y erróneas, el porcentaje de estímulos eliminados y no contestados obtenidos de los niveles 0, 1 y 2-Back de las tareas auditiva y visual.

Para el análisis, se utilizó la prueba estadística no-paramétrica de análisis de varianza de Friedman (F) para comparar los registros en diferentes días en cada una de las variables. Se usó una prueba T de Wilcoxon para comparar los registros de privación de sueño con los de recuperación y con el registro control sin privación. Así como una correlación de Spearman para identificar la relación entre dos variables.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo, se describen los resultados obtenidos de la autoevaluación de la fase circadiana. Después se muestran los datos del inicio, despertar y duración del dormir; de las condiciones sin y con privación parcial del dormir y de la recuperación del dormir. Posteriormente, se presentan los resultados de somnolencia y cansancio. Al final se exponen los resultados de las tareas auditiva y visual 0, 1 y 2-Back que evaluaron los componentes de la memoria de trabajo. Los datos corresponden a los porcentajes y tiempos de reacción de respuestas correctas y erróneas, así como los porcentajes de respuestas eliminadas y no contestadas.

Por otro lado, es importante mencionar que el análisis de datos del registro de recuperación, solo se incluyeron 12 de los 13 participantes, debido a dificultades técnicas para registrar los datos de uno de ellos.

Cabe destacar que durante los días de registro ninguno de los participantes tomó siestas ni consumió tabaco. Sin embargo, cuatro participantes informaron de la ingesta de una taza de café al menos en tres ocasiones durante el estudio.

Autoevaluación de la fase circadiana

Los participantes tuvieron un puntaje de 46.54 ± 5.03 (rango: 35-53) en la autoevaluación de la fase circadiana, once de ellos se clasificaron como cronotipo intermedio y dos como cronotipo moderadamente nocturno.

Inicio, despertar y duración del dormir

Los resultados del inicio del dormir de los participantes indican diferencias significativas entre las diferentes condiciones (Friedman = 8.82, $p < 0.05$) (Tabla 1, Figura 3). Estos resultados muestran que los participantes se acostaron a la

misma hora entre semana, los fines de semana y durante la reducción del dormir. En cambio, durante el día de recuperación, los participantes se acostaron aproximadamente a la misma hora que entre semana y se acostaron más tarde el fin de semana (Tabla 1, Figura 3).

Tabla 1. Ciclo sueño-vigilia antes, durante y después de la reducción del dormir.

| Parámetros de sueño | Entre semana | Fin de semana | Reducción del dormir | Recuperación | F |
|---------------------|--------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|
| Inicio del dormir | 00:00 ± 1:33 | 00:36 ± 1:38 | 02:06 ± 0:32 | 23:46 ± 2:24 | 8.82* |
| | | T = 32 | T = 1** | T = 20 | |
| Despertar | 07:43 ± 1:26 | 09:16 ± 1:17 | 06:14 ± 0:23 | 09:02 ± 1:03 | 22.56*** |
| | | T = 4** | T = 4** | T = 1** | |
| Duración del dormir | 7:43 ± 1:01 | 8:40 ± 1:29 | 4:08 ± 0:20 | 9:15 ± 2:03 | 20.52*** |
| | | T = 16* | T = 0** | T = 6* | |

Los valores son promedio ± desviación estándar, F = Friedman, T = Wilcoxon. *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

En el despertar, también presentaron diferencias significativas (Friedman = 22.56, p < 0.001) (Tabla 1, Figura 3). En los resultados se observa que en relación al horario de entre semana, los participantes se levantaron más tarde el fin de semana y más temprano durante la semana de reducción. Durante el día de recuperación, los participantes se levantaron más tarde que entre semana y a la misma hora que los fines de semana (Tabla 1, Figura 3). En cuanto a la duración del dormir, las diferencias también fueron significativas al comparar las diferentes condiciones (Friedman = 20.52, p < 0.001) (Tabla 1, Figura 3). Estos resultados indican que con respecto al horario de entre semana, los participantes durmieron más los fines de semana y menos durante la privación. Durante la recuperación se observó que los participantes durmieron más horas que entre semana y la misma cantidad de horas que los fines de semana (Tabla 1, Figura 3).

Ciclo sueño-vigilia

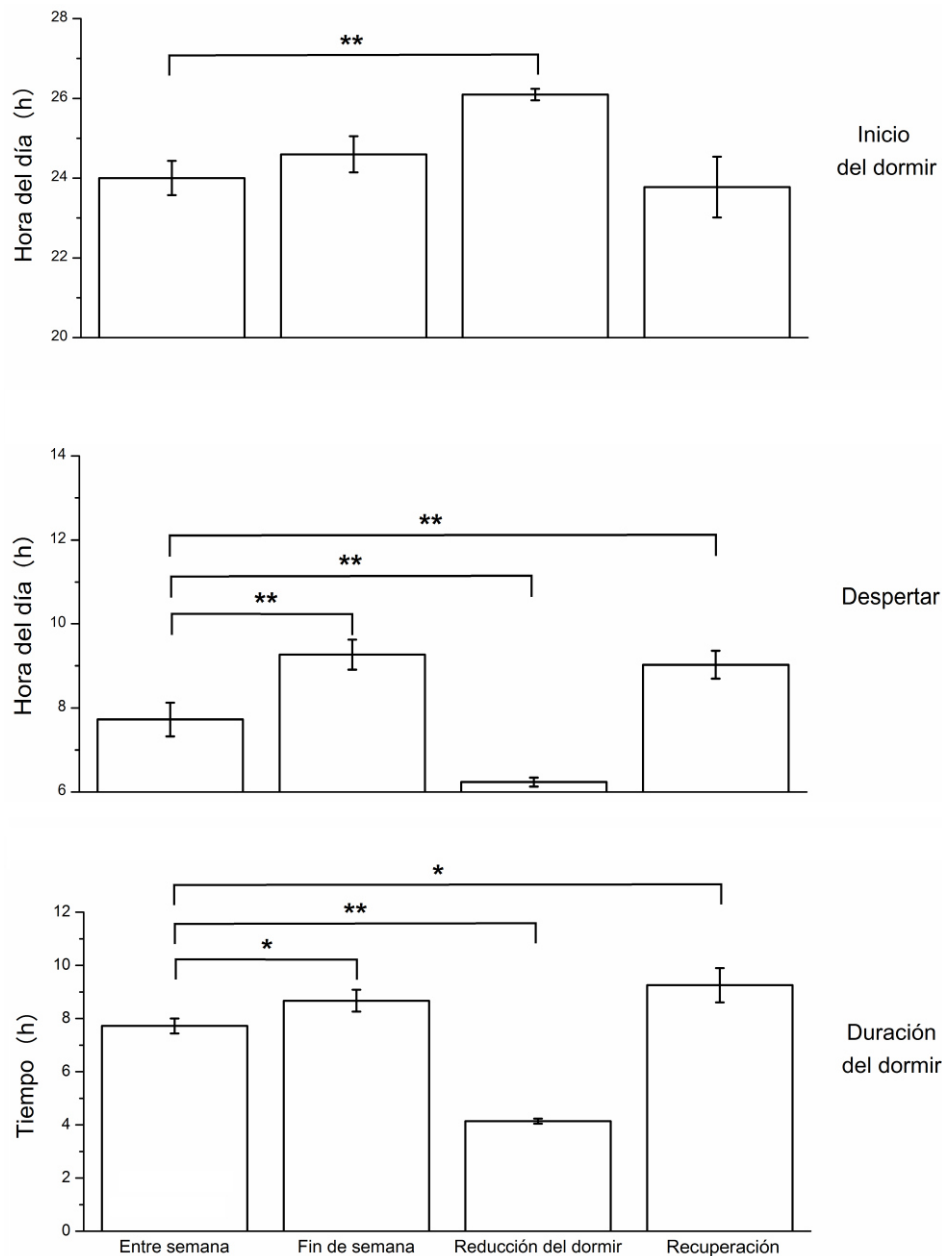


Figura 3. Inicio, despertar y duración del dormir en las diferentes condiciones. En la figura se observa que, en condiciones de reducción del dormir, el inicio se retrasa, el despertar se adelanta y su duración es de menor tiempo que entre semana. Los valores son h = horas, T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana), promedio \pm desviación estándar. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

En resumen, se observó que entre semana y fin de semana los participantes se acostaron a la misma hora, sin embargo, se levantaron más tarde y durmieron más los fines de semana. Durante la semana de reducción del dormir se acostaron más tarde, se levantaron más temprano y durmieron menos con respecto al horario entre semana. En cambio, durante el día que durmieron de forma libre, los participantes se acostaron aproximadamente a la misma hora que entre semana, se levantaron a la misma hora y durmieron la misma cantidad de horas que los fines de semana.

Somnolencia y cansancio

Los resultados muestran que la sensación de somnolencia que se registró durante la semana sin reducción del dormir, fue similar a la del fin de semana y el día de recuperación, no así al compararla con la de la semana de reducción donde la sensación tendió a aumentar (Friedman = 18.49, $p < 0.001$) (Tabla 2). Durante la reducción del dormir, se observó que es mayor la sensación en relación al fin de semana y al día de dormir libre (Tabla 2).

En cuanto a la sensación de cansancio, los resultados muestran similitud en la semana sin reducción, fin de semana y de recuperación. Sin embargo, esto no fue así en la semana de reducción, donde la sensación fue mayor en relación a estas tres condiciones (Friedman = 14.94, $p < 0.01$) (Tabla 2).

Tabla 2. Somnolencia y cansancio antes, durante y después de la reducción del dormir.

| Medidas subjetivas | Entre semana | Fin de semana | Reducción del dormir | Recuperación | F |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Somnolencia | 24.60 ± 18.49 | 15.85 ± 17.49 | 40.83 ± 20.66 | 16.82 ± 19.67 | 18.49*** |
| | | T = 19 | T = 18 | T = 13 | |
| Cansancio | 19.58 ± 18.77 | 17.46 ± 16.68 | 34.72 ± 20.21 | 16.18 ± 17.03 | 14.94** |
| | | T = 30 | T = 6** | T = 17 | |
| R | 0.81** | 0.80** | 0.87** | 0.98** | |

Los valores son promedio ± desviación estándar, F = Friedman, r = Pearson, T = Wilcoxon. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

En relación a los registros de la sensación de somnolencia subjetiva, los resultados indican que la somnolencia que se registró antes de la aplicación de cada tarea, incremento de forma gradual conforme pasaron los días de reducción del dormir (Friedman = 21.53, $p < 0.001$) (Tabla 3, Figura 4). Así mismo se observó que la sensación de somnolencia fue similar, tanto en condiciones sin reducción como del día en que durmieron de forma libre (Tabla 3, Figura 4).

Tabla 3. Somnolencia y cansancio durante cinco días de registro.

| Medidas subjetivas | C | RD1 | RD4 | RD5 | R | F |
|--------------------|---------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| Somnolencia | 19.54 ± 20.15 | 31.23 ± 22.41 | 48.75 ± 22.15 | 43.92 ± 20.94 | 21.45 ± 16.68 | 21.53*** |
| | | T = 12* | T = 4** | T = 10* | T = 19 | |
| Cansancio | 11.54 ± 14.46 | 25.46 ± 24.71 | 34.67 ± 17.83 | 36.08 ± 25.12 | 19.17 ± 16.36 | 14.91** |
| | | T = 10.5* | T = 7* | T = 4.5** | T = 19 | |
| R | 0.68** | 0.73*** | 0.78*** | 0.71*** | 0.89*** | |

Los valores son promedio ± desviación estándar, F = Friedman, r = Pearson (comparación entre los diferentes días de registro), r = Pearson, T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición de entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

En cuanto al análisis del cansancio previo a la aplicación de las tareas, los resultados muestran que en condiciones sin reducción y de recuperación, la sensación de cansancio antes de la aplicación de las tareas es similar. No obstante, se observa un incremento gradual cuando se permanece por varios días consecutivos bajo reducción del dormir (Friedman = 14.91, $p < 0.01$) (Tabla 2, Figura 4).

Por otro lado, el análisis de correlación de la somnolencia y cansancio, mostró un incremento gradual en la sensación: antes del registro (Entre semana: $r = 0.81$, $p < 0.01$; Fin de semana: $r = 0.80$, $p < 0.01$), durante el registro (Reducción del dormir: $r = 0.87$, $p < 0.01$), y después del registro (Recuperación: $r = 0.98$, $p < 0.98$) (Tabla 2). Esto indica que tanto la sensación de somnolencia

como de cansancio se presentan, cuando se está bajo estas condiciones. En cuanto a la correlación de los cinco días de reducción del dormir, se obtuvo un rango de (68 - 89), lo que indica un incremento gradual de ambas sensaciones, cuando se reduce el dormir y su disminución después de dormir (Tabla 2 y 3). En resumen, se encontró que la sensación de somnolencia y cansancio es mayor cuando se reduce el dormir, incrementa de forma gradual al mantener esta condición durante cinco días consecutivos. Sin embargo, ambas sensaciones disminuyen al tener la oportunidad de dormir de forma libre.

Escala visual analógica

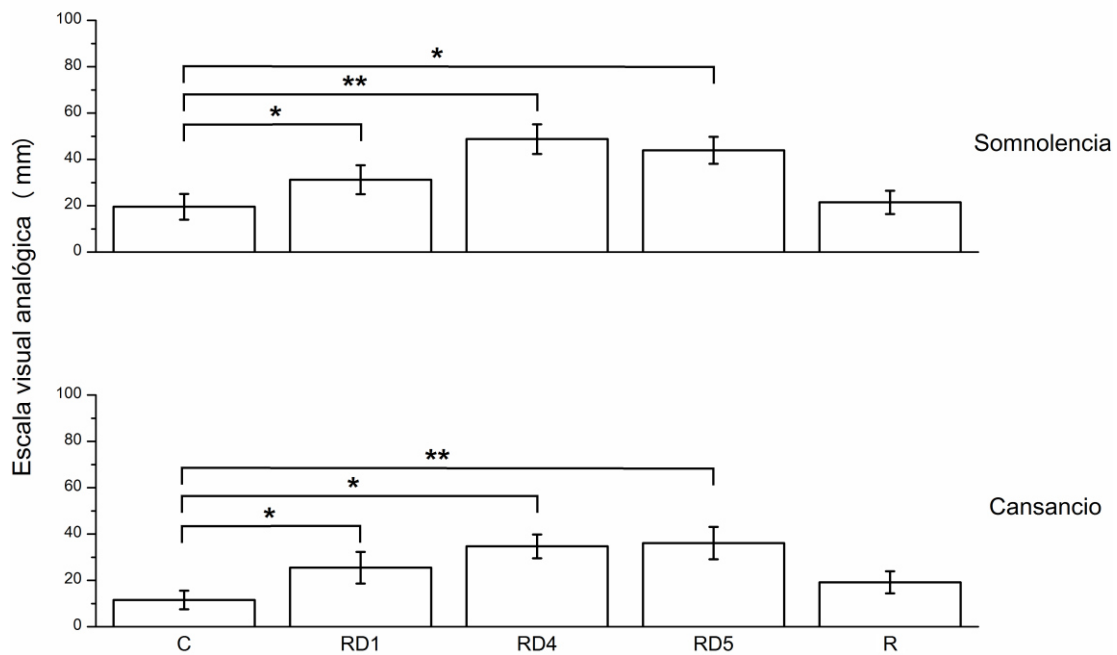


Figura 4. Somnolencia y cansancio durante cinco días de registro. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon. C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Componentes de la memoria de trabajo

Componente fonológico

Se analizó el porcentaje y tiempo de reacción de respuestas correctas y erróneas, así como el porcentaje de estímulos eliminados y no contestados de las diferentes secciones de la tarea N-Back auditiva. Estos resultados se describen a continuación.

Se observó que el porcentaje de respuestas correctas en la 0-Back auditiva disminuyó en el quinto día de reducción del dormir, con respecto al registro control (Friedman = 13.00, $p < 0.05$) (Tabla 4, Figura 5). Se observó que el porcentaje de respuestas correctas del cuarto día de reducción del dormir y del día de dormir libre disminuyó en relación al primer día de reducción. También se observó una tendencia a disminuir el porcentaje de respuestas en el quinto día de reducción (Tabla 4, Figura 5).

En la 1-Back, no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de respuestas correctas entre los días de registro, es decir, los puntajes fueron similares durante los días de reducción del dormir (Friedman = 6.43, NS) (Tabla 4, Figura 5).

Por otra parte, en la 2-Back auditiva, se observó que el porcentaje de respuestas correctas disminuyó en el quinto día de reducción del dormir y el día del dormir libre, en relación con el registro control (Friedman = 14.57, $p < 0.01$) (Tabla 4, Figura 5).

También se observó que, en relación al primer día de reducción, disminuyó el porcentaje de respuestas correctas en el cuarto y quinto día de reducción, así como en el día de recuperación (Tabla 4, Figura 5).

En lo que respecta al tiempo de reacción de las respuestas correctas de las secciones 0, 1 y 2-Back auditiva de las diferentes condiciones de registro, no se observaron diferencias significativas, es decir, los puntajes fueron similares: 0-Back auditiva (s ; Friedman = 8.13, NS), 1-Back auditiva (Friedman = 7.13, NS) y 2-Back auditiva (Friedman = 4.07, NS) (Tabla 4, Figura 5).

Tabla 4. Componente fonológico de la memoria de trabajo antes, durante y después de la reducción del dormir (desempeño de la tarea N-Back auditiva).

| Indicadores | Tarea | C | RD1 | RD4 | RD5 | R | F |
|--|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Porcentaje de respuestas correctas | 0-Back | 93.75 ± 7.79 | 95.07 ± 6.34 | 90.99 ± 6.38 | 87.02 ± 13.89 | 90.88 ± 5.76 | 13.00* |
| | | | T = 14 | T = 17.5 | T = 9.5* | T = 20.5 | |
| | 1-Back | 93.63 ± 5.54 | 90.87 ± 9.00 | 87.74 ± 8.12 | 81.97 ± 13.84 | 87.37 ± 8.15 | 6.43 |
| | 2-Back | 87.86 ± 13.35 | 88.22 ± 6.17 | 80.53 ± 13.59 | 74.76 ± 16.37 | 78.52 ± 13.34 | 14.57** |
| | | | T = 38 | T = 23 | T = 14* | T = 14* | |
| Tiempo de reacción de respuestas correctas | 0-Back | 698.01 ± 163.93 | 696.73 ± 106.25 | 743.54 ± 159.75 | 729.87 ± 191.55 | 784.03 ± 238.15 | 8.13 |
| | 1-Back | 783.52 ± 152.14 | 879.40 ± 108.79 | 902.13 ± 145.98 | 881.79 ± 205.87 | 924.72 ± 266.91 | 7.13 |
| | 2-Back | 831.20 ± 212.04 | 924.29 ± 197.33 | 925.42 ± 211.77 | 902.68 ± 213.83 | 915.76 ± 318.91 | 4.07 |
| Porcentaje de respuestas erróneas | 0-Back | 3.73 ± 6.10 | 2.16 ± 3.41 | 6.49 ± 5.25 | 4.33 ± 4.43 | 6.38 ± 5.35 | 15.43** |
| | | | T = 16 | T = 12.5 | T = 21.5 | T = 19.5 | |
| | 1-Back | 5.29 ± 5.20 | 6.49 ± 3.82 | 8.65 ± 6.77 | 11.78 ± 8.36 | 9.90 ± 7.37 | 6.07 |
| | 2-Back | 10.94 ± 11.05 | 10.58 ± 6.57 | 13.34 ± 8.55 | 15.99 ± 8.82 | 12.63 ± 9.67 | 5.80 |
| Tiempo de reacción de respuestas erróneas | 0-Back | 971.39 ± 274.20 | 633.53 ± 115.23 | 793.98 ± 249.55 | 840.77 ± 371.70 | 763.66 ± 264.58 | 6.40 |
| | 1-Back | 919.35 ± 404.42 | 1080.16 ± 388.58 | 962.47 ± 281.25 | 981.58 ± 290.39 | 1050.03 ± 411.04 | 2.33 |
| | 2-Back | 1093.54 ± 367.29 | 1172.58 ± 415.89 | 1212.19 ± 478.34 | 1067.05 ± 390.22 | 1232.66 ± 490.69 | 2.18 |
| Porcentaje de respuestas eliminadas | 0-Back | 1.20 ± 0.94 | 1.08 ± 0.75 | 1.20 ± 1.13 | 1.44 ± 1.19 | 0.91 ± 1.04 | 1.32 |
| | 1-Back | 0.96 ± 1.20 | 0.60 ± 1.02 | 0.96 ± 0.79 | 0.96 ± 1.36 | 0.78 ± 0.82 | 1.29 |
| | 2-Back | 0.96 ± 1.20 | 0.84 ± 1.03 | 0.36 ± 0.69 | 0.72 ± 1.03 | 0.78 ± 0.82 | 3.15 |
| Porcentaje de respuestas no contestadas | 0-Back | 1.32 ± 4.77 | 1.68 ± 4.30 | 1.32 ± 1.54 | 7.21 ± 10.74 | 1.82 ± 3.93 | 6.58 |
| | 1-Back | 0.12 ± 0.43 | 2.04 ± 6.03 | 2.64 ± 3.15 | 5.29 ± 6.23 | 1.95 ± 2.32 | 13.64** |
| | | | T = 0 | T = 0* | T = 0** | T = 1.5* | |
| | 2-Back | 1.08 ± 2.42 | 0.36 ± 0.69 | 5.77 ± 9.77 | 8.53 ± 10.53 | 7.81 ± 11.62 | 16.85*** |
| | | | T = 4 | T = 13.5 | T = 3** | 6* | |

Los valores son promedio ± desviación. F = Friedman (comparación entre los diferentes días de registro), T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición de entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. ^ap = 0.05, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

Por otra parte, se observó un aumento en el porcentaje de errores en las respuestas erróneas de la sección 0-Back auditiva (Friedman = 15.43, $p < 0.01$) (Tabla 4, Figura 6). El aumento de los errores del cuarto día de reducción del dormir y el día de dormir libre, están en relación al primer día de reducción (C vs RD1; $T = 16$, NS; C vs RD4; $T = 12.5$, NS; C vs RD5; $T = 21.5$, NS; C vs DL; $T = 19.5$, NS; RD1 vs RD4; $T = 0$, $p < 0.01$; RD1 vs RD5; $T = 10.5$, NS; RD1 vs DL; $T = 6$, $p < 0.05$; RD4 vs RD5; $T = 21.5$, NS; RD4 vs DL; $T = 30.5$, NS; RD5 vs DL; $T = 6.5$, NS) (Tabla 4, Figura 6).

En cuanto al análisis del porcentaje de respuestas erróneas que se realizó en las secciones 1 y 2-Back auditiva, se observó que los puntajes fueron similares en los registros de cada sección, y por consiguiente las diferencias no fueron significativas. 1-Back auditiva (Friedman = 6.07, NS) y 2-Back auditiva (Friedman = 5.80, NS) (Tabla 4, Figura 6).

En relación al tiempo de reacción de respuestas erróneas de la 0, 1 y 2-Back auditiva, se observó que los puntajes de las diferentes condiciones, se mantuvieron estables, es decir, no presentaron diferencias significativas entre los días de registro. 0-Back auditiva (Friedman = 6.40, NS), 1-Back auditiva (Friedman = 2.33, NS) y 2-Back auditiva (Friedman = 2.18, NS) (Tabla 4, Figura 6).

Los resultados del análisis del porcentaje de respuestas eliminadas, también presentaron similitud en los puntajes de las secciones 0, 1 y 2-Back auditiva, por lo que no presentaron diferencias significativas. 0-Back auditiva (Friedman = 1.32, NS), 1-Back y 2-Back auditiva (Friedman = 3.15, NS) (Tabla 4, Figura 7).

En relación a los resultados del análisis del porcentaje de respuestas no contestadas de la sección 0-Back auditiva, se observó que los puntajes obtenidos de las diferentes condiciones fueron similares entre sí, lo que indica que las diferencias no fueron significativas (Friedman = 6.58, NS) (Tabla 4, Figura 7).

En cambio, en la 1-Back auditiva, se observó un aumento de respuestas no contestadas (Friedman = 13.64, $p < 0.01$) (Tabla 4, Figura 7). El aumento se observó en el porcentaje de respuestas no contestadas del cuarto y quinto día

de reducción del dormir y del día de dormir libre en comparación con el registro control (Tabla 4, Figura 7).

En la 2-Back auditiva, también se presentó el aumento del porcentaje de respuestas no contestadas (Friedman = 16.85, $p < 0.001$) (Tabla 4, Figura 7). El aumento se presentó en el quinto día de reducción y el del día de dormir libre en relación al control. También se observó que al comparar la ejecución de la 2-Back auditiva del primer día de reducción con el cuarto, el quinto y el de dormir libre, aumenta el porcentaje de respuestas no contestadas (Tabla 4, Figura 7).

En resumen, se observó que permanecer durante cinco días consecutivos bajo condiciones de reducción del dormir, disminuye el porcentaje de respuestas correctas y aumenta la omisión de respuesta a estímulos fonológicos, al realizar tareas que demandan mayor intervención del componente fonológico de la memoria de trabajo. Esto implica que se pierda la capacidad para mantener y procesar información de tipo verbal, así como de atender y seleccionar.

Tarea N-Back Auditiva

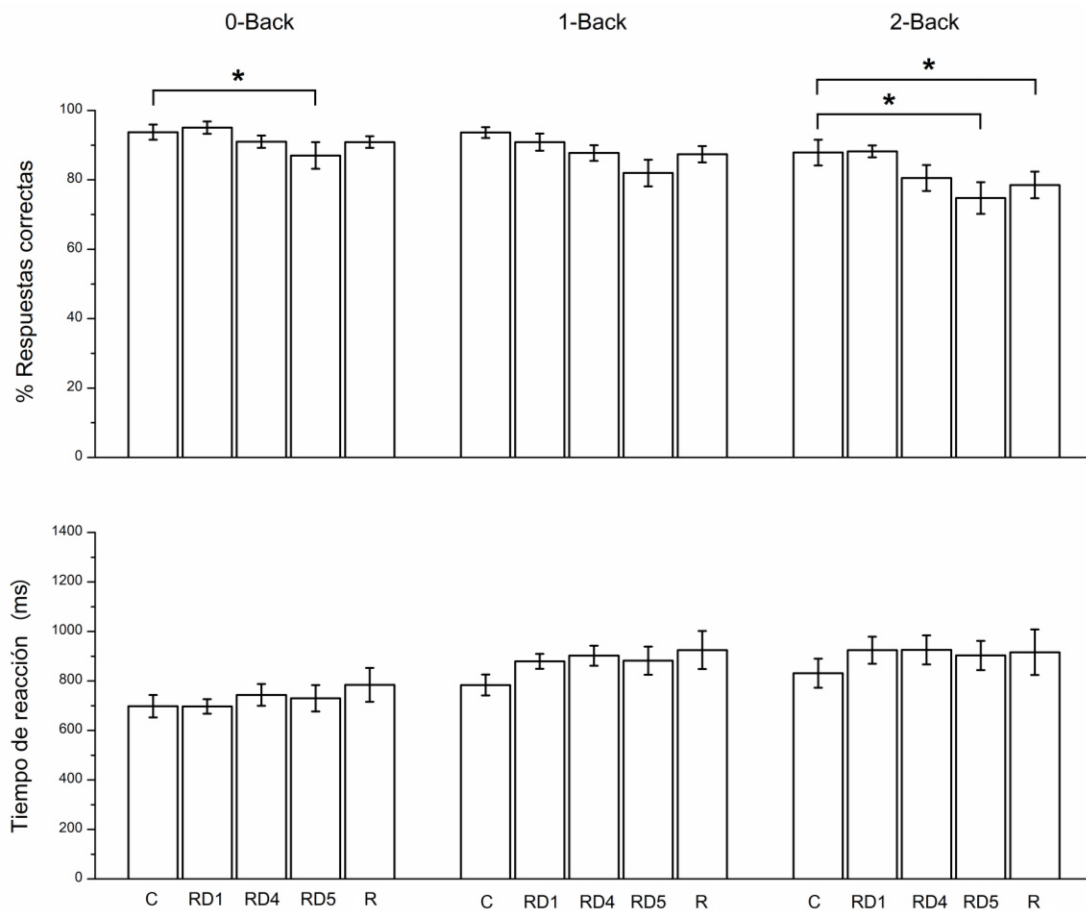


Figura 5. Porcentaje de respuestas correctas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back auditiva. El porcentaje de respuestas correctas en la 0 y 2-Back decae al quinto día de reducción del dormir. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$.

Tarea N-Back Auditiva

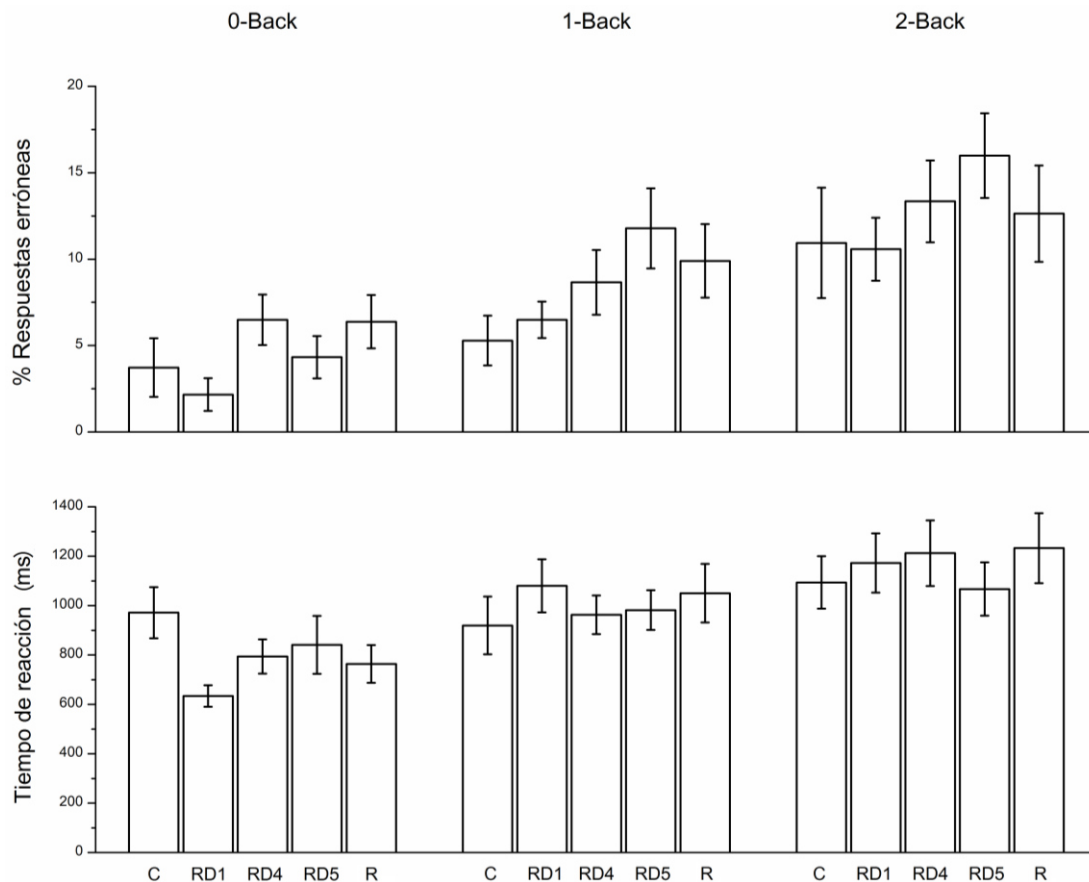


Figura 6. Porcentaje de respuestas erróneas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back auditiva. El porcentaje de respuestas erróneas y tiempo de reacción se mantienen estables en las tres secciones de la tarea, durante los diferentes días de registro. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon. C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R= recuperación. * $p < 0.05$.

Tarea N-Back Auditiva

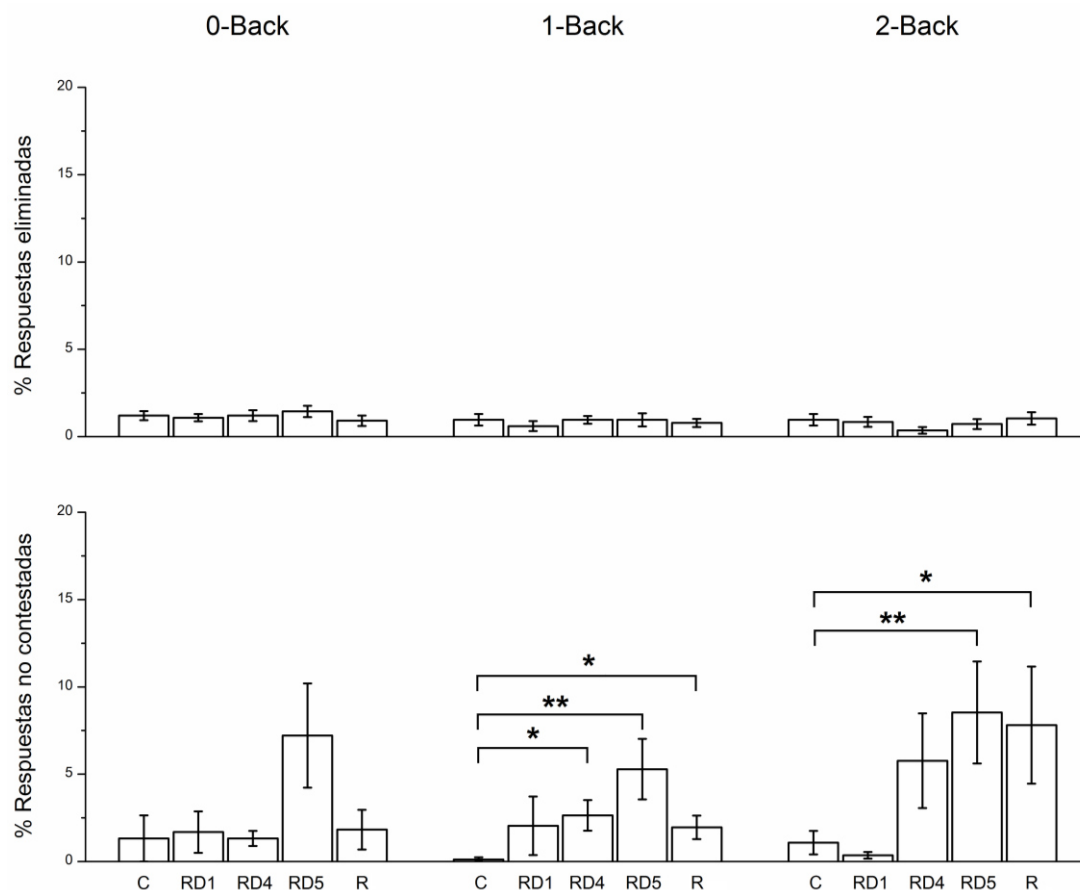


Figura 7. Porcentaje de respuestas eliminadas y no contestadas en la tarea N-Back auditiva. Las respuestas no contestadas aumentaron en la sección 1-Back a partir del cuarto día de reducción del dormir. En la 2-Back el aumento se presentó en el quinto día de reducción y permaneció hasta el día de dormir libre. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Componente visoespacial

Se analizó el porcentaje y tiempo de reacción de respuestas correctas y erróneas, así como el porcentaje de estímulos eliminados y no contestados de las diferentes secciones de la tarea N-Back visual. Estos resultados se describen a continuación.

Se observó que en la sección 0 y 1-Back visual, los registros de las diferentes condiciones presentaron puntajes similares, por consiguiente, las diferencias no fueron significativas. 0-Back y 1-Back visual (Friedman = 4.14, NS) (Tabla 5, Figura 8).

En lo que respecta a sección 2-Back visual, se observó que el porcentaje de respuestas correctas tendió a disminuir (Friedman = 9.41, $p = 0.05$) (Tabla 5, Figura 8). Esta disminución se observó al comparar el registro control con el primer día de reducción del dormir y una tendencia a disminuir cuando se comparó con el quinto día de reducción (Tabla 5, Figura 8).

Al analizar el tiempo de reacción de las secciones 0 y 1-Back visual, no presentaron diferencias significativas entre los registros, es decir, los puntajes se mantuvieron semejantes entre los días de registro. 0-Back (Friedman = 7.27, NS), 1-Back visual (Friedman = 5.73, NS) (Tabla 5, Figura 8). En la sección 2-Back visual, se observó un aumento del tiempo de reacción, entre el primero, cuarto y quinto día de reducción del dormir, en comparación al registro control (Friedman = 10.80, $p < 0.05$) (Tabla 5, Figura 8). Así mismo, se presentó la disminución del tiempo de reacción en el día de recuperación del dormir, en relación a los días de reducción del dormir (Tabla 5, Figura 8).

En cuanto al porcentaje de errores se observó que en la sección 0 y 1-Back visual la cantidad de errores fue similar en todos los registros, por consiguiente, las diferencias no fueron significativas. 0-Back visual (Friedman = 2.59, NS) y 1-Back visual (Friedman = 2.98, NS) (Tabla 4, Figura 9).

En relación a la sección 2-Back visual, se observó un aumento en el porcentaje de errores entre los registros (Friedman = 10.67, $p < 0.05$) (Tabla 5, Figura 9).

Tabla 5. Componente visoespacial de la memoria de trabajo antes, durante y después de la reducción del dormir (desempeño tarea N-Back visual).

| Indicadores | Tarea | C | RD1 | RD4 | RD5 | R | F |
|--|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|
| Porcentaje de respuestas correctas | 0-Back | 92.19 ± 9.57 | 94.23 ± 3.63 | 91.95 ± 6.56 | 92.19 ± 8.19 | 93.88 ± 8.09 | 1.25 |
| | 1-Back | 88.82 ± 9.88 | 86.06 ± 13.19 | 86.78 ± 8.38 | 86.90 ± 10.70 | 88.41 ± 11.22 | 4.14 |
| | 2-Back | 88.10 ± 9.95 | 82.45 ± 11.57 | 82.57 ± 14.13 | 77.76 ± 14.14 | 79.95 ± 18.88 | 9.41* |
| | | | T = 13.5* | T = 19 | T = 17.5* | T = 13.5 | |
| Tiempo de reacción de respuestas correctas | 0-Back | 688.00 ± 98.93 | 714.57 ± 77.97 | 706.08 ± 67.54 | 687.40 ± 102.64 | 640.85 ± 115.61 | 7.27 |
| | 1-Back | 797.38 ± 168.72 | 771.51 ± 83.36 | 822.41 ± 79.88 | 809.41 ± 96.64 | 747.92 ± 155.23 | 5.73 |
| | 2-Back | 810.02 ± 173.96 | 913.51 ± 172.25 | 897.06 ± 153.51 | 874.78 ± 172.27 | 795.75 ± 154.42 | 10.80* |
| | | | T = 18* | T = 15* | T = 14* | T = 39 | |
| Porcentaje de respuestas erróneas | 0-Back | 5.65 ± 9.10 | 4.21 ± 3.46 | 4.81 ± 5.04 | 6.01 ± 7.24 | 3.13 ± 3.53 | 2.59 |
| | 1-Back | 9.50 ± 8.62 | 10.22 ± 12.78 | 10.10 ± 6.40 | 9.38 ± 7.47 | 8.46 ± 7.87 | 2.98 |
| | 2-Back | 10.34 ± 8.71 | 15.50 ± 11.47 | 11.90 ± 8.99 | 14.30 ± 8.21 | 14.06 ± 8.08 | 10.67* |
| | | | T = 12.5* | 25.5 | T = 22.5 | T = 16.5 | |
| Tiempo de reacción de respuestas erróneas | 0-Back | 876.76 ± 280.52 | 802.17 ± 250.14 | 755.70 ± 214.10 | 760.11 ± 178.15 | 660.78 ± 164.37 | 2.60 |
| | 1-Back | 1018.94 ± 505.32 | 888.23 ± 191.04 | 917.24 ± 223.50 | 952.81 ± 220.28 | 782.63 ± 170.72 | 6.49 |
| | 2-Back | 1099.00 ± 308.70 | 1034.28 ± 239.31 | 1080.77 ± 382.08 | 1038.59 ± 248.79 | 903.81 ± 240.73 | 5.44 |
| Porcentaje de respuestas eliminadas | 0-Back | 1.56 ± 1.10 | 0.96 ± 0.79 | 1.68 ± 1.19 | 1.32 ± 1.25 | 1.30 ± 1.12 | 3.16 |
| | 1-Back | 0.96 ± 1.20 | 1.08 ± 1.17 | 0.96 ± 1.02 | 1.20 ± 0.94 | 1.30 ± 1.46 | 1.08 |
| | 2-Back | 1.20 ± 1.13 | 0.72 ± 1.03 | 1.08 ± 1.17 | 0.84 ± 1.03 | 1.43 ± 1.43 | 4.41 |
| Porcentaje de respuestas no contestadas | 0-Back | 0.60 ± 1.02 | 0.60 ± 1.75 | 1.56 ± 3.55 | 0.48 ± 1.17 | 1.56 ± 5.41 | 1.59 |
| | 1-Back | 0.72 ± 2.17 | 2.64 ± 7.26 | 2.16 ± 4.06 | 2.52 ± 4.26 | 1.56 ± 3.59 | 2.23 |
| | 2-Back | 0.36 ± 0.94 | 1.32 ± 2.62 | 4.45 ± 8.14 | 7.09 ± 10.97 | 4.56 ± 15.79 | 5.88 |

Los valores son promedio ± desviación. F = Friedman (comparación entre los diferentes días de registro), T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición de entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. ^ap = 0.05, *p < 0.05.

En estos resultados se observó que el porcentaje de errores aumentó el primer día de reducción del dormir, en comparación al control. Además, se observó una tendencia en el cuarto día de reducción en relación al primer día de registro (Tabla 5, Figura 9).

En cuanto al tiempo de reacción de respuestas erróneas, las diferencias no fueron significativas en ninguna de las secciones 0, 1 y 2-Back visual, es decir, que los puntajes fueron similares entre los diferentes días de registro. 0-Back visual (Friedman = 2.60, NS), 1-Back visual (Friedman = 6.49, NS) y 2-Back visual (Friedman = 5.44, NS) (Tabla 5, Figura 9).

Así mismo, en el análisis del porcentaje de respuestas eliminadas, no se observaron diferencias significativas en las secciones 0, 1 y 2-Back visual, por lo que el puntaje fue similar en las diferentes condiciones. 0-Back visual (Friedman = 3.16, NS), 1-Back visual (Friedman = 1.08, NS) y 2-Back visual (Friedman = 4.41, NS) (Tabla 5, Figura 10).

En el análisis del porcentaje de respuestas no contestadas de las secciones 0, 1 y 2-Back visual, también se observó similitud en el puntaje de sus resultados, es decir, las diferencias no fueron significativas. 0-Back visual (Friedman = 1.59, NS), 1-Back visual (Friedman = 2.23, NS) y 2-Back visual (Friedman = 5.88, NS) (Tabla 5, Figura 10).

En resumen, se observó que, con un solo día de reducción de la duración del dormir, disminuye el porcentaje y aumenta el tiempo de reacción de respuestas correctas. Además de aumentar el porcentaje de errores al realizar tareas que demandan mayor intervención del componente visoespacial de la memoria de trabajo. Este tipo de respuestas permanecen, si se continúa con la reducción del dormir durante cinco días consecutivos. Esto puede provocar la pérdida en la capacidad para mantener y procesar información de tipo visual y espacial.

Tarea N-Back Visual

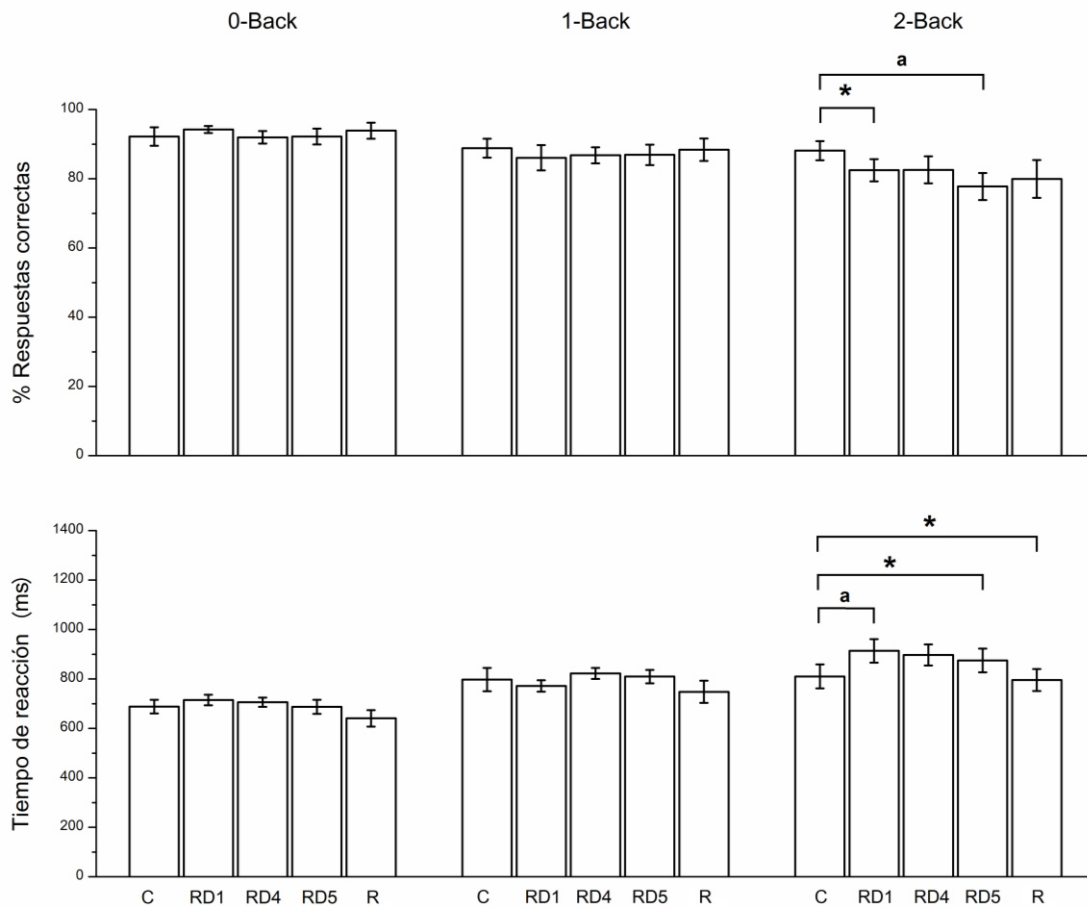


Figura 8. Porcentaje de respuestas correctas y tiempo de reacción en la tarea N-Back visual. El porcentaje de respuestas correctas durante la 2-Back disminuye en el primer día de reducción del dormir, tendencia que se observa en el quinto día. El tiempo de reacción en la 2-Back presenta una tendencia a aumentar en el primer día de reducción. El aumento se denota en el cuarto y quinto día de reducción del dormir. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana). ^ap = 0.05, *p < 0.05.

Tarea N-Back Visual

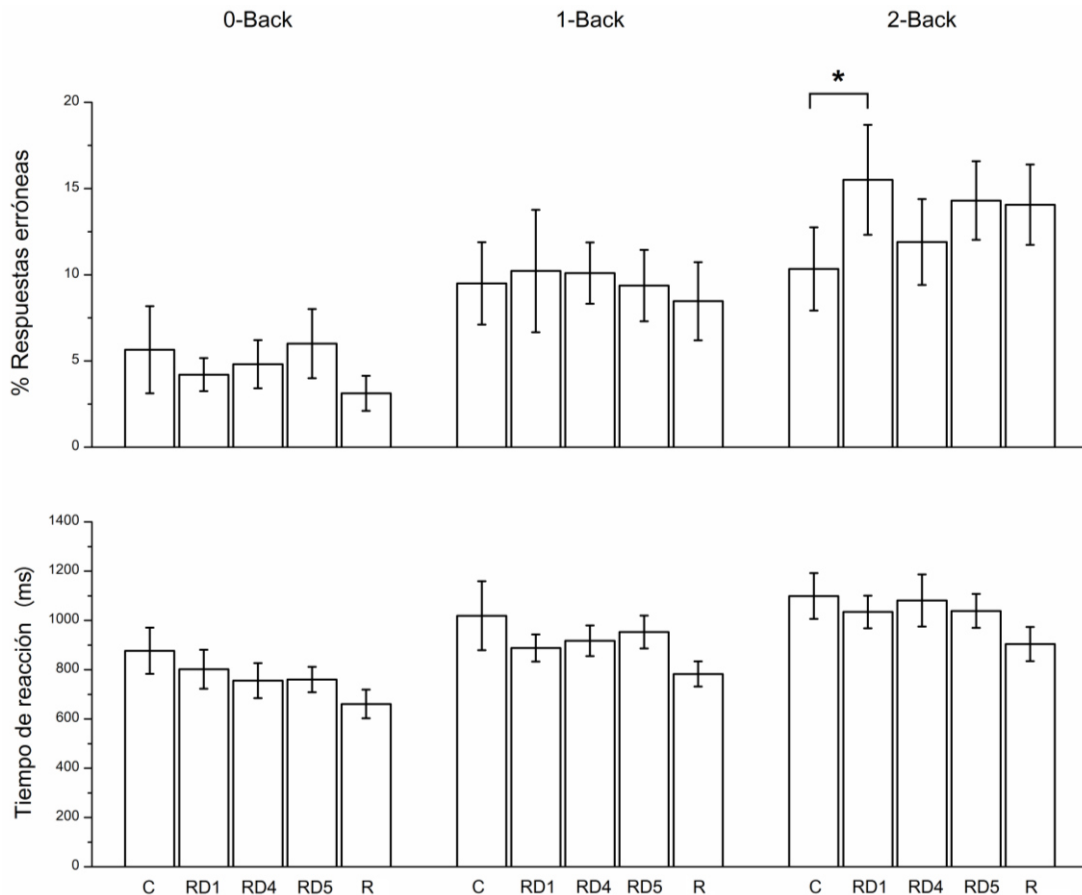


Figura 9. Porcentaje de respuestas erróneas y tiempo de reacción durante la tarea N-Back visual. El porcentaje de respuestas erróneas de la 2-Back aumenta en el primer día de reducción del dormir. Los tiempos de reacción se mantienen estables en las tres secciones de la tarea, durante los diferentes días de registro. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$.

Tarea N-Back Visual

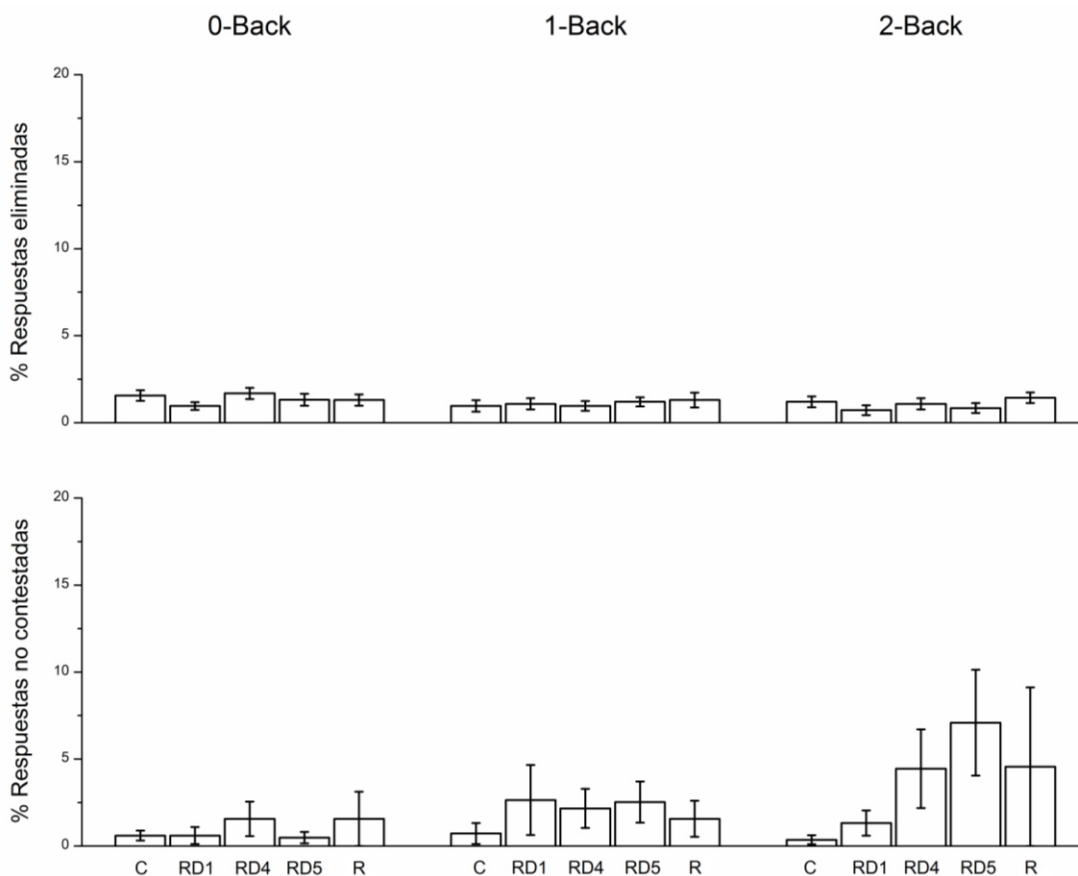


Figura 10. Porcentaje de respuestas eliminadas y no contestadas en la tarea N-Back visual. El porcentaje de respuestas eliminadas en la sección 0, 1 y 2-Back mantienen estables durante los diferentes días de registro. Las respuestas no contestadas en las tareas 0, 1 y 2-Back mantienen similitud durante los días de reducción del dormir. Los valores son promedio \pm error estándar. T = Wilcoxon (comparación de los días de registro que presentaron diferencias en relación a la condición entre semana). C = control, RD1 = reducción día 1, RD4 = reducción día 4, RD5 = reducción día 5, R = recuperación. * $p < 0.05$.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de este estudio, la reducción de cuatro horas del dormir durante cinco días consecutivos, provoca un aumento gradual de la somnolencia y cansancio, además de modificar el inicio, la duración y término del dormir. Por otra parte, se observan deficiencias en las funciones del componente fonológico y visoespacial, efectos que se discuten a continuación.

En este estudio se encontró que la somnolencia y el cansancio aumentan de forma gradual. Estos resultados son similares a los de Herscovitch y colaboradores (1981), Drummond y colaboradores (2012), Belenky y colaboradores (2003), así como los que reportan Stenuit & Kerkhofs (2005). En los resultados de sus investigaciones, también reportaron un aumento gradual en los niveles de somnolencia y cansancio, después de varios días de reducción del dormir. En los resultados de Kopasz y colaboradores (2010), observaron que el incremento de la sensación de cansancio, se presenta desde la primera noche que se reduce el dormir. Estos resultados ponen de manifiesto que reducir el dormir, propicia un aumento de la somnolencia y el cansancio (Aguilar, 2007; Brown et al., 2012; Cannon, 1929; Montes, Domínguez & Próspero, 2008; Ocampo-Garcés et al., 2012), así como la modificación del inicio (latencia), término y duración del dormir (Aldrich, 1999; Åkerstedt et al., 2009; Belenky et al., 2003; Borbely, 1999; Luyster et al., 2012; Van Dongen et al., 2003). Sin embargo, estos cambios pueden revertirse, cuando las personas tienen la oportunidad de dormir, lo que implica que disminuya la sensación de somnolencia y cansancio, y se restablezcan de forma adecuada las etapas que conforman el dormir (Dinges y cols. 1997, Jiang y cols. 2011).

En relación a los efectos de la privación parcial sobre los componentes de la memoria de trabajo, se observó que sus efectos son evidentes en el componente fonológico, cuando la privación es crónica. Tales efectos se observaron en la sección 2-Back de la tarea auditiva. En esta sección, el porcentaje de respuestas correctas disminuyó en el quinto día de privación

parcial del dormir, en relación al día sin privación. Dicha disminución se mantuvo incluso después del día en que los participantes tuvieron la oportunidad de dormir libremente. Con estos resultados, se pone en evidencia que permanecer bajo esta condición de privación crónica, se afecta la capacidad para mantener y procesar información de tipo verbal. Estos resultados confirman la hipótesis propuesta en este estudio, que plantea que reducir la duración habitual del dormir a cuatro horas por noche durante cinco días consecutivos, disminuirá la capacidad para mantener brevemente información que procesa el componente fonológico. Esto implica que se afecte la capacidad para mantener y responder información de tipo verbal, es decir, información que se relaciona con lo que se lee, se escribe o escucha. Así mismo, se puede perder la capacidad de expresión y fluidez verbal, la capacidad para resolver problemas que requieren de un análisis verbal, cómo por ejemplo, el seguir instrucciones para realizar una tarea determinada.

Con este estudio también se demostró que después de permanecer durante cinco días consecutivos en condiciones de reducción del dormir, se requiere más de un día de dormir libremente, para el funcionamiento óptimo del componente fonológico. Sin embargo, este resultado no permite conocer cuántos días u horas se requiere dormir, o que duración y presencia deben tener las fases que conforman el ciclo sueño vigilia, para restablecer el óptimo desempeño de las funciones de este componente de la memoria de trabajo, después de permanecer bajo una condición de privación crónica del dormir.

Por otro lado, en este estudio también se observó que reducir la duración del dormir en un sólo día, se afectó el componente visoespacial. Esto debido a que en la sección 2-Back de la tarea visual, disminuyó el porcentaje de respuestas correctas y aumento tanto el tiempo de reacción como el porcentaje de errores. Estos resultados ponen en evidencia que un día de reducción del dormir es suficiente para que se afecte el componente visoespacial de la memoria de trabajo. De acuerdo a lo anterior, las personas que estén bajo condiciones de reducción del dormir, podrán presentar dificultad para realizar cálculos matemáticos, recordar imágenes, planificar movimientos corporales, orientarse

en el espacio, así como conducir un automóvil (Baddeley, 1983, 2012).

Por otra parte, se encontró que la atención también se afecta con la reducción de dormir. Esto debido a que se observó que, al quinto día de reducción del dormir, disminuyó el porcentaje de respuestas correctas en la sección 0-Back de la tarea auditiva. Así mismo, se observó una disminución del porcentaje de respuestas no contestadas en la sección 1 y 2-Back auditiva. Esto puede implicar que la capacidad para atender y seleccionar información de tipo verbal, presente deficiencias cuando se permanece en condiciones de reducción del dormir durante varios días consecutivos. Al respecto, otros estudios confirman estos efectos a través del uso de tareas que evalúan este proceso, como la tarea de vigilancia psicomotora (Van Dongen et al., 2003; Dinges et al., 1997; Lo et al., 2012). No obstante, estas deficiencias no se presentan en los resultados que arroja la tarea que evalúa el componente visoespacial.

Estos resultados muestran que cuando se duerme menos de cuatro horas por noche durante varios días consecutivos, el rendimiento en funciones fisiológicas, conductuales y cognitivas decae, (Stenuit & Kerkhofs, 2005; Van Dongen et al., 2003). Sin embargo, para Bonnet y Arand (1995), así como para Orzeł-Gryglewska (2010) solo basta con dos días de privación parcial del dormir para presentar deficiencias equivalentes a una condición de privación total.

Otros datos que se obtuvieron en esta investigación, se relacionan con el ciclo sueño vigilia, donde se observa que durante la semana se suele dormir y despertar temprano a diferencia del fin de semana, en el que se tiende a despertar tarde o retrasar el dormir. Además, se observó un aumento en la duración del dormir, estos resultados, se relacionan con los que reportan Valdez, Ramírez, y García (1996).

Es importante mencionar, que en este estudio se utilizaron actígrafos con el objetivo de registrar de forma automática el dormir. Sin embargo, los datos no fueron analizados, debido a la falta de registros completos del ciclo sueño vigilia. Por lo que se sugiere que en futuras investigaciones se utilicen actígrafos bien calibrados, así como técnicas de registros, como la electroencefalografía. Esta sugerencia se realiza con la finalidad de tener datos

automáticos, que permitan para conocer el efecto de la reducción del dormir sobre las etapas del dormir, la latencia de sueño y eficiencia del sueño.

Una aportación metodológica de este estudio fue la evaluación de los efectos de la privación parcial del dormir sobre los componentes de la memoria de trabajo a través de tareas diseñadas específicamente para estudiar cada componente. En base a los resultados de este estudio, se puede concluir que la privación parcial del dormir afecta al componente visoespacial de la memoria de trabajo desde el primer día de reducción y cuando la privación se mantiene por cinco días consecutivos, también se afecta el componente fonológico.

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede enfatizar que permanecer en condiciones de reducción del dormir, propicia un deterioro progresivo en los componentes de la memoria de trabajo. Lo que implica dificultad para desempeñar actividades que impliquen hablar, leer, comprender información de tipo verbal, así como realizar cálculos matemáticos, recordar imágenes o localizar objetos.

Los resultados obtenidos de este estudio son relevantes, debido a que hoy en día es frecuente observar que la población en general (en específico adolescentes y adultos), reducen su dormir entre semana, debido a exigencias sociales, del trabajo, la escuela, actividades de esparcimiento e incluso por el uso de aparatos electrónicos, como la computadora y los videojuegos. Además, se observa que para contrarrestar los efectos de la reducción del dormir, las personas tienden a ingerir entre semana (especialmente en la mañana), bebidas que contienen estimulantes del sistema nervioso central como el café, el té, el mate o los refrescos de cola. Sin embargo, no se conoce con precisión si este tipo de bebidas logran contrarrestar los efectos de la privación del dormir sobre los componentes de la memoria de trabajo. Por lo que sería importante analizar en futuras investigaciones este efecto, así como también difundir en la población la importancia que tiene el dormir para un buen funcionamiento en el diario vivir.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que:

- La privación parcial del dormir provoca aumento de la somnolencia y cansancio, y tiende a incrementar, cuando esta condición se mantiene por más de cinco días consecutivos (privación crónica).
- La privación parcial crónica del dormir disminuye la capacidad para realizar tareas que demandan la intervención del componente fonológico. De tal forma, que se afecta la capacidad para mantener y recordar información de tipo verbal. Esto puede afectar la ejecución de actividades relacionadas con el lenguaje, como seguir instrucciones, leer o escribir.
- La privación parcial del dormir disminuye la capacidad para realizar tareas que demandan la intervención del componente visoespacial, desde el primer día de reducción del dormir. Esto puede afectar la capacidad para mantener y recordar información visual como espacial y con ello, afectar la ejecución de actividades que se relacionan con la resolución de problemas, recordar imágenes o ubicar objetos en el espacio.

REFERENCIAS

- Aaronson, L. S., Teel, C. S., Cassmeyer, V. & Neuberger, G. B. (1999). Defining and measuring fatigue. *Journal of Nursing Scholarship*, 31(1), 45–50.
- Adan, A. (1995). La cronopsicología, su estado actual: una revisión. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 27(3), 391–428.
- Adán, A. (2004). Cronobiología. aspecto olvidado en el estudio de la conducta. *Psiquiatría Biológica*, 11(2), 33-40.
- Aguilar, R. R. (2007). Cronostasia: más allá del modelo de los dos procesos en la regulación del sueño. *Avances de la Medicina del Sueño en Latinoamérica*, 1(3), 5–10.
- Aguirre, N. R. (2013). Cambios fisiológicos en el sueño. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 22(1), 60-67.
- Akerstedt, T. & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience*, 52, 29-37.
- Akerstedt, T. & Nilsson, P. (2003). Sleep as restitution: an introduction. *Journal of Internal Medicine*, 254(1), 6-12.
- Åkerstedt, T., Kecklund, G., Ingre, M., Lekander, M. & Axelsson, J. (2009). Sleep homeostasis during repeated sleep restriction and recovery: support from EEG dynamics. *Sleep*, 32(2), 3–8.
- Aldrich, M. (1999). Normal human sleep. In M. Aldrich (Ed.), *Sleep medicine* (pp. 3–23). New York, NY: Oxford University Press.
- Alhola, P. & Polo-kantola, P. (2007). Sleep deprivation: impact on cognitive performance. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 3(5), 553–567.
- Andrade, M., Benedito-Silva, A., Domenice, S. & Arnhold, I. (1993). Sleep characteristics of adolescents: a longitudinal study. *Journal of Adolescent Health*, 14(5), 401-406.
- Ángeles-Castellanos, M., Rodríguez, K., Salgado, R. & Escobar, C. (2007). Cronobiología médica: fisiología y fisiopatología de los ritmos biológicos. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 50(6), 238-241.
- Arándiga, A. (2005). Comprensión lectora y procesos cognitivos. *Liberabit*,

- 11(11), 49–61.
- Ardila, A. & Ostrosky-Solís, F. (2009). *Diagnóstico del daño cerebral: enfoque neuropsicológico*. D. F., México: Trillas.
- Aserinsky, E. & Kleitman, N. (1953). Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science*, 118(3062), 273–274.
- Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., Schumacher, E. H., Koeppel, R. A. & Katz, S. (1996). Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: evidence from positron emission tomography. *Psychological Science*, 7(1), 25–31.
- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 362–365.
- Baddeley, A. D. (1983). Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 302(1110), 311–324.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Baddeley, A. D. (1996a). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49(1), 5–28.
- Baddeley, A. D. (1996b). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13468–13472.
- Baddeley, A. D. (1999a). *Essentials of human memory*. D, F., México: Psychology Press.
- Baddeley, A. D. (1999b). *Memoria humana: teoría y práctica*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–39.
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89.

- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (2000). Development of working memory: should the Pascual-Leone and the Baddeley and Hitch models be merged? *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(2), 128–137.
- Baddeley, A. D., Kopelman, M. & Wilson, B. (2004). *The essential handbook of memory disorders for clinicians*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: investigación y teoría. *Psicothema*, 11(4), 705–723.
- Banks, S. & Dinges, D. (2011). Chronic sleep deprivation. In M. Kriger, T. Roth & W. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (pp. 67–75). Philadelphia, PA: Elsevier.
- Banks, S. & Dinges, D. F. (2007). Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(5), 519–528.
- Banyard, P., Hartland, A., Hayes, N. & Reddy, P. (1995). *Introducción a los procesos cognitivos*. Barcelona, España: Ariel.
- Belenky, G., Wesensten, N. J., Thorne, D. R., Thomas, M. L., Sing, H. C., Redmond, D. P. & 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.
- Benoit, O. (1984). Homeostatic and adaptive roles of human sleep. *Experientia*, 40(5), 437–440.
- Berry, R., Brooks, R., Gamardo, E., Hording, S., Marcus, C. & Vavghn, B. (2012). *The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and technical specifications*. American Academy of Sleep Medicine.
- Berry, R., Geyer, J. & Carney, P. (2012). Introduction to sleep and sleep monitoring: the basic. In J. Carney, P. Berry, R. Geyer (Ed.), *Clinical Sleep Disorders* (pp. 3–26). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Blagrove, M., Alexander, C. & Horne, J. A. (1995). The effects of chronic sleep reduction on the performance of cognitive tasks sensitive to sleep deprivation. *Applied Cognitive Psychology*, 9(1), 21–40.
- Blázquez-Alisente, J. L., Paúl-Lapedriza, N. & Muñoz-Céspedes, J. M. (2004). Atención y funcionamiento ejecutivo en la rehabilitación neuropsicológica de los procesos visuoespaciales. *Revista de Neurología*, 38(5), 487–495.

- Bonnet, M. & Arand, D. (1995). We are chronically sleep deprived. *Sleep*, 18(10), 908–911.
- Borbély, A. A. (1993). *El secreto del sueño: nuevos caminos y conocimientos*. Madrid, España: Siglo Veintiuno de España Editores.
- Borbély, A. A. & Achermann, P. (1999). Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of Biological Rhythms*, 14(6), 559–568.
- Borbély, A. A. (2004). Sleep mechanisms. *Sleep and Biological Rhythms*, 2, S67–S68.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E. & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5(1), 49–62.
- Brown, R., Basheer, R., McKenna, J., Strecker, R. & McCarley, R. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews*, 92(3), 1087–1187.
- Burraco, A. B. (2006). Caracterización neuroanatómica y neurofisiológica del lenguaje humano. *Revista Española de Lingüística y Lingüística*, 35(2), 461–494.
- Cabrales, A. (2015). Neuropsicología y la localización de las funciones cerebrales superiores en estudios de resonancia magnética funcional con tareas. *Acta Neurológica Colombiana*, 31(1), 92–100.
- Cajochen, C., Khalsa, S. B., Wyatt, J. K., Czeisler, C. A. & Dijk, D. J. (1999). EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss. *American Journal of Physiology*, 277(3), R640–R649.
- Cannon, W. B. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9(3), 399–431.
- Cano-Lozano, M., Miró, E., Espinosa, L. F. & Casal, G. B. (2003). Efectos terapéuticos de la privación de sueño en la depresión. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 3(3), 541–563.
- Carlson, S., Martinkauppi, S., Rämä, P., Salli, E., Korvenoja, A. & Aronen, H. J. (1998). Distribution of cortical activation during visuospatial n-back tasks as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Cerebral Cortex*, 8(8), 743–52.

- Carrillo-Mora, P. (2010). Sistemas de memoria: reseña histórica, clasificación y conceptos actuales. Segunda parte: sistemas de memoria de largo plazo: memoria episódica, sistemas de memoria no declarativa y memoria de trabajo. *Salud Mental*, 33(2), 197–205.
- Carskadon, M. A. & Dement, W. (2011). Normal human sleep. In M. Kriger, T. Roth & W. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (pp. 16–26). Philadelphia, PA: Elsevier.
- Carskadon, M. A. & Dement, W. C. (1981). Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness. *Psychophysiology*, 18(2), 107–113.
- Carskadon, M. A. & Acebo, C. (2002). Regulation of sleepiness in adolescents. *Sleep*, 25(6), 6006-6014.
- Carvajal-Castrillón, J. Aguirre, L. G. & Restrepo, F. L. (2009). Agnosia visuoespacial progresiva: un caso de atrofia cortical posterior. *CES Psicología*, 2(1), 65–78.
- Casement, M. D., Broussard, J. L., Mullington, J. M. & Press, D. Z. (2006). The contribution of sleep to improvements in working memory scanning speed: a study of prolonged sleep restriction. *Biological Psychology*, 72(2), 208–12.
- Castaño, J. (2003). Bases neurobiológicas del lenguaje y sus alteraciones. *Revista de Neurología*, 36(8), 781–785.
- Castillo Montoya, C. R., Venegas, A. & Haro, R. (2000). Estudio del sueño su historia. *Archivos de Neurociencias*, 5(3), 149-59.
- Cedrus. (2011). *SuperLab 4.5 Beta (Computer software)*. Phoenix: Cedrus Corporation.
- Chee, M. W. L. & Choo, W. C. (2004). Functional imaging of working memory after 24 hr of total sleep deprivation. *The Journal of Neuroscience*, 24(19), 4560–4567.
- Chee, M. W. L., Chuah, L. Y. M., Venkatraman, V., Chan, W. Y., Philip, P. & Dinges, D. F. (2006). Functional imaging of working memory following normal sleep and after 24 and 35 h of sleep deprivation: Correlations of fronto-parietal activation with performance. *Neuroimage*, 31(1), 419–428.
- Chokroverty, S. (2011). *Medicina de los trastornos del sueño: aspectos básicos, consideraciones técnicas y aplicaciones clínicas*. Barcelona, España: Elsevier España.

- Choo, W. C., Lee, W. W., Venkatraman, V., Sheu, F. S. & Chee, M. W. (2005). Dissociation of cortical regions modulated by both working memory load and sleep deprivation and by sleep deprivation alone. *Neuroimage*, 25(2), 579–587.
- Cluydts, R., De Valck, E., Verstraeten, E. & Theys, P. (2002). Daytime sleepiness and its evaluation. *Sleep Medicine Reviews*, 6(2), 83–96.
- Colomé, R., Sans, A., López-Sala, A. & Boix, C. (2009). Trastorno de aprendizaje no verbal: características cognitivo-conductuales y aspectos neuropsicológicos. *Revista de Neurología*, 48(2), 77–81.
- Cohen, J. D., Perlstein, W. M., Braver, T. S., Nystrom, L. E., Noll, D. C., Jonides, J. & Smith, E. E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*, 386(6625), 604–608.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55(1), 75–84.
- Contreras, A. (2013). Sueño a lo largo de la vida y sus implicancias en salud. *Revista Médica Clínica las Condes*, 24(3), 341-349.
- Convertini, R & Tripodi, R. (2007). Hábitos de sueño en menores de 2 años. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 105(2), 122-128.
- Corsi, M. (1983). *Psicofisiología del sueño*. D, F., México: Trillas.
- Corsi, M. (2008). ¿Qué le pasa al cerebro cuando no duerme? *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 8(1), 53–56.
- Corsi, M., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M., Ponce de León, M. & Lorenzo, I. (1992). Changes in the waking EEG as a consequence of sleep and sleep deprivation. *Sleep*, 15(6), 550-555.
- Corsi-Cabrera, M., Arce, C., Del Río-Portilla, I., Pérez-Garci, E. & Guevara, M. (1999). Amplitude reduction in visual event-related potentials as a function of sleep deprivation. *Sleep*, 22(2), 181–190.
- Corsi-Cabrera, M., Sanchez, A. I., Del-Río-Portilla, Y., Villanueva, O. & Perez-Garci, E. (2003). Effect of 38 h of total sleep deprivation on the waking EEG in women: sex differences. *International Journal of Psychophysiology*, 50(3), 213–224.
- Curcio, G., Casagrande, M. & Bertini, M. (2001). Sleepiness: evaluating and

- quantifying methods. *International Journal of Psychophysiology*, 41(3), 251–263.
- De Gennaro, L., Ferrara, M. & Bertini, M. (2000). Effect of slow - wave sleep deprivation on topographical distribution of spindles. *Behavioural Brain Research*, 116(1), 55–59.
- Dement, W. & Kleitman, N. (1957). Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 9(4), 673–690.
- D'Esposito, M., Postle, B. R. & Rypma, B. (2000). Prefrontal cortical contributions to working memory: evidence from event-related fMRI studies. *Experimental Brain Research*, 133(1), 3-11.
- D'Esposito, M. (2007). From cognitive to neural models of working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 362(1481), 761–72.
- Dinges, D. F., Pack, F., Williams, K., Gillen, K. A., Powell, J. W., Ott, G. E. & Pack. A. I. (1997). Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*, 20(4), 267–277.
- Dominguez, S. (2014). Escala de cansancio emocional: estructura factorial y validez de los ítems en estudiantes de una universidad privada. *Avances en Psicología*, 22(1), 253–257.
- Drummond, S. P., Anderson, D. E., Straus, L. D., Vogel, E. K. & Perez, V. B. (2012). The effects of two types of sleep deprivation on visual working memory capacity and filtering efficiency. *PloS One*, 7(4), e35653.
- Drummond, S. P., Brown, G. G., Gillin, J. C., Stricker, J. L., Wong, E. C. & Buxton, R. B. (2000). Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation. *Nature*, 403(6770), 655–657.
- Drummond, S. P. & Brown, G. G. (2001). The effects of total sleep deprivation on cerebral responses to cognitive performance. *Neuropsychopharmacology*, 25, S68–S73.
- Durmer, J. S. & Dinges, D. F. (2005). Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in Neurology*, 25(1), 117–129.

- Ebbinghaus, H. (1913). The method of investigation. In H. Ebbinghaus (Ed.), *Memory: a contribution to experimental psychology* (p. 123). New York, NY: Teachers College, Columbia University.
- Ebbinghaus, H. (1964). Memory: a contribution to experimental psychology. *Annals of Neurosciences*, 20(4), 155–6.
- Edwards, B. J. & Waterhouse, J. (2009). Effects of one night of partial sleep deprivation upon diurnal rhythms of accuracy and consistency in throwing darts. *Chronobiology International*, 26(4), 756–768.
- Ellis, H. C. (1980). *Fundamentos del aprendizaje y procesos cognoscitivos del hombre*. D, F., México: Trillas.
- Endo, T., Roth, C., Landolt, H. P., Werth, E., Aeschbach, D., Achermann, P. & Borbély, A. A. (1998). Selective REM sleep deprivation in humans: effects on sleep and sleep EEG. *The American Journal of Physiology*, 274(4 Pt 2), 1186–1194.
- Escandón, J. (1994). Ritmos biológicos. *Ciencias*, 35, 69–75.
- Escotto, A. (1999). *Introducción a la electroencefalografía (EEG) y trazos característicos de los síndromes epilépticos*. D, F., México: UNAM.
- Etchepareborda, M. C. & Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 40(Supl 1), 79–83.
- Fernández, J. & López, J. (1998). La neuropsicología de la memoria. *Ciencias*, 49, 18–25.
- Fernández, M. & Vinagre, M. (2003). La terminología griega para sueño y soñar. *Cuadernos de Filología Clásica. Estudios Griegos e Indoeuropeos*, 13, 69–104.
- Ferrara, M. & De Gennaro, L. (2001). How much sleep do we need? *Sleep Medicine Reviews*, 5(2), 155–179.
- Ferrara, M., De Gennaro, L., Casagrande, M. & Bertini, M. (2000). Selective slow-wave sleep deprivation and time-of-night effects on cognitive performance upon awakening. *Psychophysiology*, 30(4), 440–446.
- Ferreira, C., Deslandes, A., Moraes, H., Cagy, M., Pompeu, F., Basile, L. F. & Ribeiro, P. (2006). Electroencephalographic changes after one night of

- sleep deprivation. *Archivos de Neuro-Psiquiatría*, 64(2B), 388–393.
- Ficca, G., Fagioli, I., Giganti, F. & Salzarulo, P. (1999). Spontaneous awakenings from sleep in the first year of life. *Early Human Development*, 55(3), 219-228.
- Fletcher, A. & Dawson, D. (2001). A quantitative model of work-related fatigue: empirical evaluations. *Ergonomics*, 44(5), 475–488.
- Flores, J. & Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47–58.
- Franco-Pérez, J., Ballesteros-Zebadúa, P. Custodio, V. & Paz, C. (2012). Principales neurotransmisores involucrados en la regulación del ciclo sueño-vigilia. *Revista de Investigación Clínica*, 64(2), 182–192.
- Freidmann, J., Globus, G., Huntley, A., Mullaney, D., Naitoh, P. & Johnson, L. (1977). Performance and mood during and after gradual sleep reduction. *Psychophysiology*, 14(3), 245–250.
- Fuller, P., Gooley, J. & Saper, C. (2006). Neurobiology of the sleep-wake cycle: sleep architecture, circadian regulation, and regulatory feedback. *Sleep*, 21(6), 482–493.
- Galland, B. C. & Mitchell, E. A. (2010). Helping children sleep. *Archives of disease in childhood*, 95(10), 850-853.
- Galland, B. C., Taylor, B. J., Elder, D. E. & Herbison, P. (2012). Normal sleep patterns in infants and children: a systematic review of observational studies. *Sleep Medicine Reviews*, 16(3), 213-222.
- García, J. M., Ramiro, E. M. D., Valdehita, S. R. & Moreno, L. L. (2004). Factores psicosociales en el entorno laboral, estrés y enfermedad. *Revista de Psicología y Psicopedagogía*, 3(1), 95-108.
- García-Mas, A., Aguado, F. J., Cuartero, J., Calabria, E., Jiménez, R. & Pérez, P. (2003). Sueño, descanso y rendimiento en jóvenes deportistas de competición. *Revista de Psicología Del Deporte*, 12(2), 181–195.
- Gluck, M. A., Mercado, E. & Myers, C. E. (2009). *Aprendizaje y memoria. Del cerebro al comportamiento*. D, F., México: McGraw Hill.
- Goel, N., Rao, H., Durmer, J. S. & Dinges, D. F. (2009). Neurocognitive

- consequences of sleep deprivation. *Seminars in Neurology*, 29(4), 320–39.
- Golombek, D. (2001). Cronobiología humana: en busca del tiempo perdido. *Ciencias*, 62, 38–44.
- Gómez, I., Chóliz, M. & Carbonell, V. (2000). Análisis experimental de la capacidad de vigilancia: efecto de la privación parcial de sueño y dificultad de la tarea. *Anales de Psicología*, 16(1), 49–59.
- Gómez, M. (1990). Aspectos básicos: neurobiología del dormir y del soñar. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 10(33), 229–239.
- Gradisar, M., Dohnt, H., Wright, H., Robinson, J., Paine, S. & Gamble, A. (2008). Adolescent napping behavior: Dysfunctional cognitions and negative affect. *Sleep and Biological Rhythms*, 6(4), 260–263.
- Groeger, J. A., Zijlstra, F. R. H. & Dijk, D.-J. (2004). Sleep quantity, sleep difficulties and their perceived consequences in a representative sample of some 2000 British adults. *Journal of Sleep Research*, 13(4), 359–371.
- Gruber, O. & Von Cramon, D. Y. (2003). The functional neuroanatomy of human working memory revisited Evidence from 3-T fMRI studies using classical domain-specific interference tasks. *Neuroimage*, 19(3), 797–809.
- Harrison, Y. & Horne, J. A. (2000). The impact of sleep deprivation on decision making: a review. *Journal of Experimental Psychology Applied*, 6(3), 236–49.
- Hazemann, P. & Masson, M. (1980). ABC de la electroencefalografía. D. F., México: Masson.
- Hernández-Ramos, E. (2011). Envejecimiento y memoria de trabajo: el papel de la complejidad y el tipo de información. *Revista de Neurología*, 52(3), 147–153.
- Herscovitch, J. & Broughton, R. (1981). Sensitivity of the stanford sleepiness scale to the effects of cumulative partial sleep deprivation and recovery oversleeping. *Sleep*, 4(1), 83–91.
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D., O'Donnell, A., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sanchdeva, R., Setters, B., Vitiello, M., Ware, C. & Adams Hillard, P. J. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology

- and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40-43.
- Horne, J. A. & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), 97–110.
- Howe, M. J. A. (1974). *Introducción a la memoria humana*. D, F., México: Trillas.
- Hunt, R. R. & Ellis, H. C. (2007). *Fundamentos de psicología cognitiva*. D, F., México: El Manual Moderno.
- Ishida, N., Kaneko, M. & Allada, R. (1999). Biological clocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(16), 8819–8820.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J. & Meier, B. (2010). The concurrent validity of the n-back task as a working memory measure. *Memory*, 18(4), 394–412.
- Jain, P., Mahajan, A. & Babbbar, R. (2010). Effect of partial sleep deprivation on auditory event related potential and reaction time in medical students. *JK Science*, 12(1), 19–22.
- Jiang, F., Vandyke, R. D., Zhang, J., Li, F., Gozal, D. & Shen, X. (2011). Effect of chronic sleep restriction on sleepiness and working memory in adolescents and young adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(8), 892–900.
- Johns, M. (1998). Rethinking the assessment of sleepiness. *Sleep Medicine Reviews*, 2(1), 3–15.
- Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Koeppe, R. A., Awh, E., Reuter-Lorenz, P. A. & Willis, C. R. (1998). The role of parietal cortex in verbal working memory. *The Journal of Neuroscience*, 18(13), 5026–5034.
- Kaan, E. & Swaab, T. Y. (2002). The brain circuitry of syntactic comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(8), 350–356.
- Kamdar, B., Dale, M., Needham, M. & Collop, N. (2012). Sleep Deprivation in critical illness: its role in physical and psychological recovery. *Journal of Intensive Care Medicine*, 27(2), 97-111.
- Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K. & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and*

- Cognition*, 33(3), 615–22.
- Kantelhardt, J., Penzel, T., Rostig, S., Becker, H., Havlin, S. & Bunde, A. (2003). Breathing during REM and non-REM sleep: correlated versus uncorrelated behaviour. *Elsevier*, 319, 447 – 457.
- Killgore, W. D. S. (2010). Effects of sleep deprivation on cognition. *Progress in Brain Research*, 185, 105–129.
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358.
- Kopasz, M., Loessl, B., Valerius, G., Koenig, E., Matthaeas, N., Hornyak, M. & Voderholzer, U. (2010). No persisting effect of partial sleep curtailment on cognitive performance and declarative memory recall in adolescents. *Journal of Sleep Research*, 19(1 Pt 1), 71–9.
- Lack, L. & Wright, H. (2007). Chronobiology of sleep in humans. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 64(10), 1205 – 1215.
- Landolt, H. P., Dijk, D. J., Achermann, P. & Borbély, A. A. (1996). Effect of age on the sleep EEG: slow-wave activity and spindle frequency activity in young and middle-aged men. *Brain Research*, 738(2), 205-212.
- Landsness, E. C., Goldstein, M. R., Peterson, M. J., Tononi, G. & Benca, R. M. (2011). Antidepressant effects of selective slow wave sleep deprivation in major depression: A high-density EEG investigation. *Journal of Psychiatric Research*, 45(8), 1019–1026.
- Lautenbacher, S., Kundermann, B. & Krieg, J.-C. (2006). Sleep deprivation and pain perception. *Sleep Medicine Reviews*, 10(5), 357–369.
- Lee, H., Kim, L. & Suh, K. Y. (2003). Cognitive deterioration and changes of P300 during total sleep deprivation. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 57(5), 490–6.
- Lieberman, J. & Neubauer, D. (2007). Normal sleep and wakefulness. *The International Journal of Sleep and Wakefulness*, 1(1), 2-6.
- Lim, J., Choo, W.-C. & Chee, M. W. L. (2007). Reproducibility of changes in behaviour and fMRI activation associated with sleep deprivation in a working memory task. *Sleep*, 30(1), 61–70.
- Lo, J. C., Groeger, J. A., Santhi, N., Arbon, E. L., Lazar, A. S., Hasan, S. & Dijk,

- D. J. (2012). Effects of partial and acute total sleep deprivation on performance across cognitive domains, individuals and circadian phase. *PLoS One*, 7(9), e45987.
- Luce, G. & Segal, G. (1981). *El sueño*. D, F., México: Siglo XXI.
- Luria, A. R. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. D, F., México: Fontamara.
- Luyster, F. S., Strollo, P. J., Zee, P. C. & Walsh, J. K. (2012). Sleep: a health imperative. *Sleep*, 35(6), 727-734.
- Madrid, J. & Rol De Lamma, M. (2015). Ritmos, relojes y relojeros. una introducción a la cronobiología. *Eubacteria*, 33(1), 1–8.
- Margulis, L., Leiva, S., Micciuli, A., Abusamra, V. & Ferreres, A. (2012). Perfiles de alteración de las funciones ejecutivas en pacientes con lesiones de hemisferio derecho. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 21, 21–35.
- Martínez, M. & Trout, G. (2006). Conceptos básicos de electroencefalografía. *Duazary*, 3(1), 18-23.
- Martinkauppi, S., Rämä, P., Aronen, H. J., Korvenoja, A. & Carlson, S. (2000). Working memory of auditory localization. *Cerebral Cortex*, 10(9), 889–98.
- Marzano, C., Ferrara, M., Curcio, G. & De Gennero, L. (2010). The effects of sleep deprivation in humans: topographical electroencephalogram changes in non-rapid eye movement (NREM) sleep versus REM sleep. *Journal of Sleep Research*, 19(2), 260–268.
- Marzano, C., Ferrara, M., Curcio, G. & Gennaro, L. D. (2010). The effects of sleep deprivation in humans: topographical electroencephalogram changes in non-rapid eye movement (NREM) sleep versus REM sleep. *Journal of Sleep Research*, 19(2), 260-268.
- McAllister, T. W., Sparling, M. B., Flashman, L. A., Guerin, S. J., Mamourian, A. C. & Saykin, A. J. (2001). Differential working memory load effects after mild traumatic brain injury. *Neuroimage*, 14(5), 1004–1012.
- McKenna, B. S., Dickinson, D. L., Orff, H. J. & Drummond, S. P. (2007). The effects of one night of sleep deprivation on known-risk and ambiguous-risk decisions. *Journal of Sleep Research*, 16(3), 245–52.
- Miller, G. A., Galanter, E. & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the structure of*

- behavior*. New York, NY: Adams Bannister Cox.
- Miranda, M. (2003). Los ojos del reloj en los mamíferos. *Ciencias*, 69, 20–25.
- Miró, E., Cano-Lozano, M. & Buela-Casal, G. (2008). Sueño y calidad de vida. *Revista Colombiana de Psicología*, 14, 11-27.
- Montes, C. J., Dominguez, E. A. & Prospéro, O. (2008). Restauración neuronal o plasticidad sináptica a lo largo del ciclo sueño-vigilia. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 8(1), 71–77.
- Moore, R. Y. (1997). Circadian rhythms: basic neurobiology and clinical applications. *Annual Review of Medicine*, 48, 253–66.
- Mu, Q., Mishory, A., Johnson, K., Nahas, Z., Kozel, F., Yamanaka, K. & George, M. (2005). Decreased brain activation during a working memory task at rested baseline is associated with vulnerability to sleep deprivation. *Sleep*, 28(4), 433–446.
- Muñoz, E., Blázquez, J., Galparsoro, I., González, B., Lubrini, G., Periañez, J., Ríos, M., Sánchez, I., Tirapu, J. & Zulaica, A. (2011). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Barcelona, España: Editorial UOC.
- Natesan, A., Cho, S. & Kushida, C. (2005). Normal human sleep. In T. Lee-Chiong (Ed.), *Sleep: a comprehensive handbook* (pp. 3–11). Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Nelson, A. P. & Gilbert, S. (2008). ¿Qué es la memoria? In A. P. Nelson & S. Gilbert (Eds.), *Memoria: todo lo que se necesita saber para no olvidarse de las cosas* (pp. 27–39). Barcelona, España: Paidós.
- Nilsson, J. P., Söderström, M., Karlsson, A. U., Lekander, M., Akerstedt, T., Lindroth, N. E. & Axelsson, J. (2005). Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14(1), 1–6.
- Nyberg, L., Marklund, P., Persson, J., Cabeza, R., Forkstam, C., Petersson, K. M. & Ingvar, M. (2003). Common prefrontal activations during working memory, episodic memory, and semantic memory. *Neuropsychologia*, 41(3), 371–7.
- Ocampo-Garcés, A., Castro, J. & Espinoza, D. (2012). Mecanismos neurales en el control del dormir. *Revista Hospital Clínico de La Universidad de Chile*, 23, 5–12.

- Olson, K. (2007). A New Way of Thinking About Fatigue: A Reconceptualization. *Oncology Nursing Forum*, 34(1), 93–99.
- Onen, S. H., Alloui, A., Gross, A., Eschallier, A. & Dubray, C. (2001). The effects of total sleep deprivation, selective sleep interruption and sleep recovery on pain tolerance thresholds in healthy subjects. *Journal of Sleep Research*, 10(1), 35–42.
- Orzeł-Gryglewska, J. (2010). Consequences of sleep deprivation. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 23(1), 95–114.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R. & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 25(1), 46–59.
- Patrick, G. T. W. & Gilbert, J. A. (1896). Studies from the psychological laboratory of the University of Iowa: On the effects of loss of sleep. *Psychological Review*, 3(5), 469–483.
- Payne, J. D. (2011). Learning, Memory, and Sleep in Humans. *Sleep Medicine Clinics*, 6(1), 15–30.
- Pino, C., Oliva, D. & Castilla, J. (1994). Ritmos de actividad en las lapas *Fisurrella crassa* Lamarck 1822 y *F. latimarginata* Sowerby 1835: Efectos del ciclo de marea y fotoperíodo. *Revista de Biología Marina*, 29(1), 89–99.
- Reilly, T. & Edwards, B. (2007). Altered sleep–wake cycles and physical performance in athletes. *Physiology and Behavior*, 90(2), 274–284.
- Reinoso-Suárez, F. (2005). Neurobiología del sueño. *Revista de Medicina de La Universidad de Navarra*, 49(1), 10–17.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. E., Hartley, A., Miller, A., Marshuetz, C. & Koeppel, R. A. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 174–87.
- Rey de Castro, J., Gallo, J. & Loureiro, H. (2004). Cansancio y somnolencia en conductores de ómnibus y accidentes de carretera en el Perú: estudio cuantitativo. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 16(1), 11–18.
- Rey De Castro, J. & Rosales-Mayor, E. (2010). Cansancio y somnolencia durante el desempeño laboral de los conductores interprovinciales: experiencia peruana y planteamiento de propuestas. *Revista Peruana de*

- Medicina Experimental y Salud Pública*, 27(2), 137–143.
- Rivas, M. (2008). *Procesos cognitivos y aprendizaje significativo*. Madrid, España: Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Rodríguez, C. J., Martín, M., E. & García, O. P. (2008). Restauración neuronal o plasticidad sináptica a lo largo del ciclo sueño-vigilia. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 8, 71-77.
- Rogers, N., Dorrian, J. & Dinges, D. (2003). Sleep, waking and neurobehavioural performance. *Frontiers Bioscience*, 8, 1056–1067.
- Rosales, E. & De Castro, J. (2010). Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide. *Acta Médica Peruana*, 27(2), 137–143.
- Rosales, E., Egoavil, M., La Cruz, C. & Rey de Castro, J. (2007). Somnolencia y calidad del sueño en estudiantes de medicina de una universidad peruana. *Anales de la Facultad de Medicina*, 68(2), 150–158.
- Roth, C., Achermann, P. & Borbély, A. A. (1999). Alpha activity in the human REM sleep EEG: topography and effect of REM sleep deprivation. *Clinical Neurophysiology*, 110(4), 632–635.
- Ruetti, E., Justel, N. & Bentosela, M. (2009). Perspectivas clásicas y contemporáneas acerca de la memoria. *Suma Psicológica*, 16(1), 65–83.
- Ruíz, M., Muñoz, J. & Tirapu, J. (2001). Memoria y lóbulos frontales. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 54(2), 193–206.
- Schmiedek, F., Lövdén, M. & Lindenberger, U. (2014). A task is a task is a task: putting complex span, n-back, and other working memory indicators in psychometric context. *Frontiers in Psychology*, 5, 1475.
- Scoville, W. B. & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 20(1), 11–21.
- Shen, J., Barbera, J. & Shapiro, C. M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*, 10(1), 63–76.
- Silber, M., Ancoli-Israel, S., Bonnet, M., Chokroverty, S., Grigg-Damberger, M., Hirshkowitz, M., Kapen, S., Keenan, S., Kryger, M., Penzel, T., Pressman, M. & Iber, C. (2007). The visual scoring of sleep in adults. *Journal of Clinical*

- Sleep Medicine*, 3(2), 121-131.
- Silver, R. & Lesauter, J. (2008). Circadian and homeostatic factors in arousal. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129(1), 263–274.
- Smith, E. & Jonides, J. (1998). Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(20), 12061–8.
- Smith, E., Jonides, J. & Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6(1), 11–20.
- Solís, H. & López-Hernández, E. (2009). Neuroanatomía funcional de la memoria. *Archivos de Neurociencias*, 14(3), 176–187.
- Squire, L. R. (2009). The legacy of patient H.M. for neuroscience. *Neuron*, 61(1), 6–9.
- Stenuit, P. & Kerkhofs, M. (2005). Age modulates the effects of sleep restriction in women. *Sleep*, 28(10), 1283–1288.
- Šušmáková, K. (2004). Human sleep and sleep EEG. *Measurement Science Review*, 4(2), 59-74.
- Swick, T. (2011). The neurology of sleep. *Sleep Medicine Clinics*, 2(23), 1-14.
- Tankova, I., Adan, A. & Buela-Casal, G. (1994). Circadian typology and individual differences. a review. *Elsevier Science*, 16(5), 671-684.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1-11.
- Thorleifsdottir, B., Björnsson, J., Benediktsdottir, B., Gislasón, T. & Kristbjarnarson, H. (2002). Sleep and sleep habits from childhood to young adulthood over a 10-year period. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(1), 529-537.
- Tirapu-Ustárrroz, J. & Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41(8), 475–484.
- Tomé, V. & Lessa, L. (2009). N-back auditory test performance in normal individuals. *Dementia & Neuropsychología*, 3(2), 114–117.
- Torrades, S. (2005). La naturaleza de los sueños. *Neurología*, 24(9), 134–140.
- Tortorolo, P. & Giancarlo, G. (2010). Nuevos conceptos sobre la generación y el

- mantenimiento de la vigilia. *Revista Neurología*, 50(12), 747-758.
- Trejo-Martínez, D., Jiménez-Ponce, F., Marcos-Ortega, J., Conde-Espinosa, R., Faber-Barquera, A., Velasco-Monroy, A. L. & Velasco-Campos, F. (2007). Aspectos anatómicos y funcionales sobre el área de Broca en neurocirugía funcional. *Revista Médica Del Hospital General de México*, 70(3), 141–149.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40(4), 385–398.
- Ursin, R. Bjorvatn, B. & Holsten, F. (2005). Sleep duration, subjective sleep need, and sleep habits of 40- to 45-year-olds in the hordaland health study. *Sleep*, 28(10), 1260-1269.
- Valdez, P. (2015). *Cronobiología respuestas psicofisiológicas al tiempo*. D, F., México: Trillas.
- Valdez, P., Ramírez, C. & García, A. (1996). Delaying and extending sleep during weekends: sleep recovery or circadian effect? *Chronobiology International*, 13(3), 191–8.
- Valdez, P., Ramírez, C. & García, A. (2003). Adjustment of the sleep-wake cycle to small (1-2h) changes in schedule. *Biological Rhythm Research*, 34(2), 145–155.
- Valdez, P., Ramírez, C. & García, A. (2012). Circadian rhythms in cognitive performance: implications for neuropsychological assessment. *ChronoPhysiology and Therapy*, 81, 81–92.
- Valdez, P., Ramírez, C., García, A. & Talamantes, J. (2008). Los cambios de la atención a lo largo del día. *Ciencia*, 59(1), 14–23.
- Valdez, P., Reilly, T. & Waterhouse, J. (2008). Rhythms of mental performance. *Mind, Brain, and Education*, 2(1), 7–16.
- Van Dongen, H. P. A., Maislin, G., Mullington, J. M. & 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), 117–26.
- Velayos, J. L., Moreles, F., Irujo, A., Yllanes, D. & Paternain, B. (2007). Bases anatómicas del sueño. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 30(1), 7-17.

- VellutP, R. (1987). Esquema de la fisiología del sueño. *Revista Médica del Uruguay*, 3, 47-57.
- Vendrell, J. M. (2001). Las afasias: semiología y tipos clínicos. *Revista de Neurología*, 32(10), 980–986.
- Vogel, G. W. (1975). REM sleep reduction effects on depression syndromes. *Archives of General Psychiatry*, 32(6), 765.
- Vuontela, V., Steenari, M.-R., Carlson, S., Koivisto, J., Fjällberg, M. & Aronen, E. T. (2003). Audiospatial and visuospatial working memory in 6-13 year old school children. *Learning & Memory*, 10(1), 74–81.
- Wilhelm, O., Hildebrandt, A. & Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it? *Frontiers in Psychology*, 4, 433.
- Yoon, I. Y., Kripke, D. F., Elliott, J. A., Youngstedt, S. D., Rex, K. M. & Hauger, R. L. (2003). Age-related changes of circadian rhythms and sleep-wake cycles. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(8), 1085-1091.
- Ziziemsky, D. (1967). El dormir normal y anormal en la infancia. *Revista de Psicología*, 4, 111-118.

ANEXOS

Apéndice A

Carta de Aceptación

Monterrey, N.L. a _____ de _____

Por medio de la presente hago constar que estoy enterado de los objetivos que persigue la investigación **"Efectos de la privación parcial del dormir durante la semana sobre los procesos cognitivos del ser humano"**, así como la forma en que se llevará a cabo.

Además, manifiesto que participo en este estudio en forma voluntaria y sin compromiso.

El firmar esta carta no establece ningún tipo de obligación, sólo significa que estoy enterado(a) y acepto participar voluntariamente en la investigación mencionada.

Nombre del Colaborador

Firma del colaborador

Apéndice B

Carta de aceptación padres

Estimado padre de familia

P r e s e n t e.-

Por medio de la presente me permito saludarle y a la vez informarle que su hijo(a) ha sido seleccionado para participar en el estudio **“Efectos de la privación parcial del dormir durante la semana sobre los procesos cognitivos del ser humano”**. Por tal motivo requerimos su consentimiento para que su hijo(a) participe en la investigación contestando un cuestionario donde indique como duerme diariamente y acudiendo los días lunes, jueves, viernes y sábado del presente año, de las 11:00 a las 18:00 horas a contestar ejercicios por computadora.

Es importante mencionar que dichos cuestionarios y ejercicios serán aplicados dentro del mismo plantel y están a su disposición para cualquier aclaración.

Si usted está de acuerdo en que su hijo participe en esta investigación le agradecemos firme la autorización siguiente.

| |
|-------------------------------------|
| Estoy de acuerdo que hijo(a): _____ |
| Participe en el estudio: _____ |
| Nombre del tutor: _____ |

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su atención a la presente, se despide de usted.

A t e n t a m e n t e

Monterrey, N.L., a _____

Dra. Ma. Candelaria Ramírez Tule
Coordinadora del laboratorio
de Psicofisiológica

ccp. archivo

Apéndice C

Datos Generales 1

Fecha _____

Nombre _____

Semestre _____ Grupo _____ Turno _____

Edad _____ Estado civil _____

Dirección _____ Teléfono _____

e-mail _____ Celular _____

Horario de clases:

| | Entrada | Salida | | Entrada | Salida |
|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Lunes | | | Martes | | |
| Miércoles | _____ | _____ | Jueves | _____ | _____ |
| Viernes | _____ | _____ | Sábado | _____ | _____ |

¿Cuánto tiempo tarda en trasladarse de su casa a la escuela?

Especifique en minutos _____

¿Trabaja actualmente? Sí No

Si usted es mujer, conteste lo siguiente:

¿Su menstruación es regular o irregular? _____

¿Cuántos días pasan entre el inicio de una menstruación y el inicio de la siguiente? _____

¿Cuándo fue su última menstruación? _____

¿Cuándo fue su penúltima menstruación? _____
 Si es foráneo, conteste lo siguiente:

Ciudad y estado _____

¿Con qué frecuencia regresa a su ciudad de origen? _____

Si realiza algún tipo de ejercicio o deporte, especifique:

Tipo: _____ Que días de la semana: _____

Horario de: _____ a: _____

Si actualmente realiza alguna actividad programada (clases, etc.), especifique cual(es), que días de la semana y a qué horas.

Actividad: _____ Días: _____ Horas: _____

Actividad: _____ Días: _____ Horas: _____

Actividad: _____ Días: _____ Horas: _____

¿Con qué frecuencia ingiere bebidas alcohólicas? (veces por semana, veces por mes, etc.)

¿Con qué frecuencia fumas? (cigarros por día, cigarros por semana, etc.)

¿Con qué frecuencia tomas café? (tazas por día, tazas por semana, etc.)

Apéndice D

Cuestionario de antecedentes de riesgo de daño cerebral

Fecha _____

Teléfono _____

Nombre: _____ Fecha de nacimiento _____

Edad: _____ Sexo: Masculino Femenino Diestro Zurdo

Escolaridad (años cursados): Kinder: _____ Primaria _____ Secundaria _____ Prepa _____ Profesional _____ Grado Escolar Actual _____

Antecedentes perinatales (datos de tu nacimiento)

¿Cuánto duró el embarazo? _____

¿El Dr. le ordenó reposo durante el embarazo? No Sí

¿Cómo fue el parto? Natural Cesárea

¿Quién lo indicó? _____ ¿Cuál fue la causa? _____

¿Usaron fórceps? No Sí

¿Se enredó en el cordón umbilical? No Sí

¿Le faltó oxígeno al niño al nacer? No Sí

¿Tardó en respirar su hijo? No Sí ¿Por cuánto tiempo? _____

¿Cómo nació? Peso _____ Kg. Talla _____ cm. Color _____

¿Permaneció en incubadora? No Sí ¿Cuánto tiempo? _____

¿La madre fumó durante el embarazo? No Sí

¿Por cuánto tiempo? _____ · Cantidad por semana _____

¿La madre tomó bebidas alcohólicas durante el embarazo? No Sí

¿Por cuánto tiempo? _____ · Cantidad por semana _____

¿La madre consumió medicamentos durante el embarazo? No Sí

¿Cuál(es)? _____ ¿Por cuánto tiempo? _____

¿Se ha presentado alguna de estas enfermedades en tu familia? No Sí

Alzheimer Esquizofrenia Parkinson Depresión Trastorno Bipolar

¿En quién? (parentesco) _____

¿Has recibido algún tratamiento médico por un período largo de tiempo? No Sí

¿Por cuánto Tiempo? _____ Semanas _____ Meses _____ Años

Si tomó algún medicamento en la última semana indique el nombre: _____

Dosis _____ Hora que lo tomó _____

Señale las enfermedades que tiene o ha tenido:

- Hipertensión Diabetes Obesidad Ninguna
 Meningitis Encefalitis Dolor de cabeza Cáncer
 Embolia Derrame cerebral Tumor cerebral Epilepsia (convulsiones)
 Insomnio Otras Infarto cerebral Coma
 Infarto Cardíaco

Comentarios: _____

¿Se ha golpeado fuerte la cabeza? No Sí ¿Perdió la conciencia momentáneamente? No Sí

¿Cuánto tardó en recuperar la conciencia? Minutos _____ Horas _____ Días _____ Meses _____

Comentarios: _____

¿Le han realizado alguna operación en el cerebro? No Sí

¿Se ha desmayado en el último mes? No Sí

¿Se ha orinado o ha evacuado por accidente en el último mes? No Sí

¿Se extravía frecuentemente? No Sí

¿A veces ve u oye cosas que otras personas no perciben? No Sí

¿Por momentos no responde a lo que le están diciendo? No Sí

Comentarios: _____

Señale si tuvo dificultades para aprender a alguno de los siguientes procesos: Ninguna

Caminar Hablar Escribir Leer Hacer cálculos Diferenciar derecha-izquierda

Otra: _____

¿A qué edad? _____ ¿Cuánto tardó en aprender? _____

Comentarios: _____

¿Ha sido diagnosticado con Déficit de Atención? No Sí

¿A qué edad? _____ ¿Quién lo diagnosticó? _____

Comentarios: _____

¿Repitió algún año escolar? No Sí

¿Cuál? _____

Señale si ha recibido algún tipo de apoyo escolar o terapia No Sí

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Psicológica | <input type="checkbox"/> Apoyo escolar | <input type="checkbox"/> De lenguaje |
| <input type="checkbox"/> Educación especial | <input type="checkbox"/> Psicomotora | <input type="checkbox"/> Rehabilitación Física |
| <input type="checkbox"/> Estimulación Temprana | <input type="checkbox"/> Otra: _____ | |

¿En dónde? (Escuela, centro terapéutico, etc.) _____

¿Por qué motivo? _____

¿A qué edad? _____ ¿Por cuánto tiempo? _____

¿Quién se lo indicó? _____

¿Ha suspendido su educación por un período de tiempo? No Sí

¿En qué grado escolar? _____

¿Por cuánto tiempo? _____

¿Por qué?: _____

¿Alguna vez ha sido suspendido de su escuela por razones de disciplina? No Sí

¿A qué edad? _____ ¿Por cuánto tiempo? _____

Comentarios: _____

¿Toma refresco? No Sí Tipo _____ ¿Cuántos por semana? _____

¿Toma café? No Sí ¿Cuántas tazas al día? _____

Apéndice E

Autoevaluación de la Fase Circadiana (Horne y Östberg, 1976) Traducción: Téllez y Valdez.

Instrucciones:

1. Lea cada pregunta con cuidado antes de contestar.
2. Responda todas las preguntas.
3. Responda las preguntas en el orden en que aparecen.
4. Cada pregunta debe contestarse independientemente de las otras. NO revise sus respuestas anteriores.
5. Para cada pregunta marque con una cruz sólo una respuesta. En las preguntas con una escala marque con una cruz en el espacio adecuado de la escala.
6. Conteste lo más sinceramente posible. Los resultados son estrictamente confidenciales.
7. Anote sus comentarios debajo de cada pregunta.

CUESTIONARIO

1. Si pudiera planear libremente su día, ¿a qué hora se levantaría?



2. Si pudiera planear libremente su tarde, ¿a qué hora se acostaría?



3. Si tiene que levantarse en la mañana a una hora específica, ¿qué tanto depende de un reloj alarma para despertar?

No dependo

Dependo un poco

Dependo mucho

Dependo totalmente

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

4. En un día con clima agradable, ¿qué tan fácil se levanta en la mañana?

Muy difícil

Difícil

Fácil

Muy fácil

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

5. ¿Qué tan atento y despejado se siente durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Nada despejado

Un poco despejado

Despejado

Muy despejado

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

6. ¿Qué tanta hambre tiene durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Muy poca

Poca

Regular

Mucha

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

7. ¿Qué tan cansado se siente durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Muy cansado

Cansado

Descansado

Muy descansado

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

8. Cuando no tiene nada que hacer el día siguiente, ¿a qué hora se acuesta en comparación con lo que acostumbra?

Casi nunca (o nunca) más tarde

Menos de una hora más tarde

1 - 2 horas más tarde

Más de 2 horas más tarde

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

9. Suponga que ha decidido hacer ejercicio dos días por semana y un amigo lo invita de 7 a 8 AM, ¿Cómo cree que se sentiría?

En muy buena forma

En buena forma

Sería difícil

Sería muy difícil

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

10. ¿A qué hora se siente cansado y con sueño?



11. Si deseara estar en mejor momento para una prueba escrita difícil (que consiste en resolver problemas y que durará más de dos horas), si pudiera planear libremente su día, ¿qué intervalo escogería?

8 - 10 AM

11 AM - 1 PM

3 - 5 PM

7 - 9 PM

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

12. Si se acostase a dormir a las 11 PM, ¿qué tan cansado estaría en ese momento?

Nada cansado

Un poco cansado

Cansado

Muy cansado

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

13. Si por alguna razón se acostó a dormir más tarde de lo acostumbrado y no tiene necesidad de levantarse a una hora determinada al día siguiente, ¿qué es más probable que le suceda?

Despertaría a la hora acostumbrada y ya no dormiría

Despertaría a la hora acostumbrada y me sentiría somnoliento

Despertaría a la hora acostumbrada y me volvería a dormir enseguida

Despertaría más tarde de lo acostumbrado

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

14. Si tuviera que trabajar de 4 a 6 AM y no tuviese actividades al día siguiente, ¿qué es lo que haría?

Sólo dormiría después de terminar de trabajar

Tomaría una siesta antes del trabajo y dormiría bien después del trabajo

Dormiría bien antes de trabajar y tomaría una siesta después del trabajo

Sólo dormiría antes de trabajar

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

15. Si tuviese que hacer un trabajo físico intenso, ¿qué intervalo escogería?

8-10 AM

11 AM-1 PM

3-5 PM

7-9 PM

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

16. Suponga que ha decidido hacer ejercicio dos días por semana y un amigo lo invita de 10 a 11 PM, ¿cómo cree que se sentiría?

En muy buena forma

En buena forma

Sería difícil

Sería muy difícil

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

17. Suponga que puede escoger sus horas de trabajo. Si trabajase 5 horas seguidas, su trabajo fuera muy interesante y se le pagaran de acuerdo a su rendimiento, ¿cuáles 5 horas seguidas escogería?

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

Medianoche

Mediodía

Medianoche

18. ¿A qué hora del día cree que está en su mejor momento?

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

Medianoche

Mediodía

Medianoche

19. Uno escucha acerca de personas "madrugadoras" y "nocturnas", ¿de cuál de esos tipos se considera?

Definitivamente madrugador
Más madrugador que nocturno
Más nocturno que madrugador
Definitivamente nocturno

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

Apéndice F

Cuestionario de trastornos del sueño

Lea cuidadosamente los problemas del dormir que se mencionan abajo y señale cuál de ellos presenta actualmente usted. Cuando marque **SI**, indique enseguida lo molesto del problema.

| | NO | SI | Me molesta | | | | |
|--|----|----|------------|------|---------|-------|-----------|
| | | | Nada | Poco | Regular | Mucho | Demasiado |
| ¿Tiene dificultades para empezar a dormir? | | | | | | | |
| ¿Tiene despertamientos durante la noche con dificultades para volver a dormir? | | | | | | | |
| ¿Despierta en la noche y no logra volver a dormir? | | | | | | | |
| ¿Se siente cansado al despertar? | | | | | | | |
| ¿Siente que duerme demasiado tiempo? | | | | | | | |
| ¿Siente muchas ganas de dormir durante el día? | | | | | | | |
| ¿Tiene pesadillas? | | | | | | | |
| ¿Recuerda sus pesadillas detalladamente? | | | | | | | |
| ¿Habla dormido? | | | | | | | |
| ¿Tiene sonambulismo (camina dormido)? | | | | | | | |
| ¿Siente que no puede moverse (paralizado) al empezar a dormir o al despertar? | | | | | | | |
| ¿Rechina los dientes dormido? | | | | | | | |
| ¿Se orina en la cama? | | | | | | | |
| ¿Ronca? | | | | | | | |

Apéndice G

Diario del dormir

Escribe la información correspondiente
 Recuerda poner A: M: o P: M: donde corresponda

Nombre: _____ **Fecha:** _____

¿A qué hora se acostó anoche? _____ ¿Cuánto tiempo tardó en dormirse?
 Especifique en minutos _____

¿A qué hora se despertó hoy? _____ ¿A qué hora se levantó hoy? _____

¿Cómo se despertó hoy? Con despertador _____ Espontáneo _____

Otro (especifique) _____

¿Cuántas veces se despertó durante el dormir? _____

Al despertar, ¿se levantó alguna vez de la cama? _____

Si tomó alguna siesta el día de ayer, especifique:

Hora de inicio: _____ Hora de terminación: _____

Califique lo siguiente de acuerdo a la escala de la derecha.

| | Nada | Poco | Regular | Mucho | Demasiado |
|--|------|------|---------|-------|-----------|
| ¿Tuvo dificultades para empezar a dormir anoche? | | | | | |
| ¿Qué tan satisfecho quedo hoy de su dormir? | | | | | |
| ¿Qué tan alerta y dispuesto a trabajar se sintió hoy al despertar? | | | | | |
| ¿Qué tan somnoliento se sintió durante el día de ayer? | | | | | |
| ¿Qué tan cansado se sintió durante el día de ayer? | | | | | |

Si tomó alguno de lo siguiente, durante el día de ayer, especifique:

| Nombre: | Tipo | Cantidad | ¿A qué hora(s)?: |
|------------------------|-------|----------|------------------|
| Medicamento | _____ | _____ | _____ |
| Refresco de cola | _____ | _____ | _____ |
| Bebidas alcohólicas | _____ | _____ | _____ |
| Cigarros | _____ | _____ | _____ |
| Café | _____ | _____ | _____ |

Apéndice H

Escalas visuales analógicas

Somnolencia

Nombre: _____

Marque con una línea vertical sobre la siguiente línea su grado de somnolencia actual, considerando que el extremo izquierdo representa nada de somnolencia y el derecho mucha somnolencia.

Cansancio

Nombre: _____

Marque con una línea vertical sobre la siguiente línea su grado de cansancio actual, considerando que el extremo izquierdo representa nada de cansancio y el derecho mucho cansancio.
