



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

*Efecto de las variaciones diurnas en la eficiencia de
la atención sostenida y selectiva.*

TESIS

Que para obtener el título de:
Licenciado en Psicología

Presenta:

Carlos Sánchez Gachuz

Directora de Tesis:

Dra. Alejandra Evelyn Ruiz Contreras

Revisora de Tesis:

Dra. Azalea Reyes Aguilar

Sinodales:

Dra. Irma Yolanda del Río Portilla

Dra. María Guadalupe Flores Cruz

Dra. Pilar Durán Hernández

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis se llevó a cabo en el Laboratorio de Neurogenómica Cognitiva, a cargo de la Dra. Alejandra E. Ruiz Contreras, en la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México con el apoyo económico de DGAPA-UNAM PAPIIT, Proyecto IN217918.

Agradezco a PAPIIT (Proyecto IN217918) por la beca recibida.

Agradezco a PAPIIT (Proyecto IN219516) por la beca recibida.

Agradecimientos

Cuando comencé a recorrer la brecha de la elaboración de una tesis, para instruirme en tal meollo, primero leí otras tesis. En la mayoría existe un extraño apartado donde las personas agradecen a cada uno sus cercanos que fueron importantes durante la elaboración de ésta. Digo que es extraño porque a mi parecer, como lector, me gustaría saber el contexto del agradecimiento; quizá tan sólo es mi sesgo por la lectura y la escritura, pero, de cualquier manera, si lees esta tesis, entiéndase que los agradecimientos en este texto son el prólogo de una historia que, curiosa, viví.

Es mi turno, comencemos...

La primera cosa que debe de quedar clara, a mi parecer; si uno se quiere dedicar a la investigación y/o la docencia, la realización de una tesis es la mejor opción para poder alcanzar un grado de profesionalización que le lleve a uno a dudar, entender, explicar y compartir la información que se presenta en un artículo, un libro o una conferencia. Quizá ese es uno de los tópicos imprescindibles a tomar en cuenta para el tesista, en desarrollo o futuro; uno se vuelve escritor y divulgador, retoma las ideas e información de otros y las ensambla de tal manera que otro pueda saber qué se sabe, qué no se sabe y discriminar la postura que se toma al respecto. Quizá aquí reside lo fundamental, entender que las palabras de uno tendrán un impacto en quien las puede llegar a leer. ¡Ésta es una responsabilidad que no se debe tomar a la ligera! La palabra puede llevar a caminos impensables o inacabados para varios; en tanto camino sombrío, se debe conducir con la mayor iluminación posible para ayudar al otro a empezar, continuar o terminar el objetivo de seguir o no caminando.

Cuando decidí que haría una tesis, no sabía por qué ni para qué; asumí que las otras opciones no tienen la misma valía. Después entendí que este prejuicio es uno de los más grandes en la academia, explico; elegir una opción u otra debería de acoplarse a las necesidades y ambiciones de cada quien, no a la normativa establecida como lo idóneo. Al inicio, sabía que quería ser docente e investigador, en tanto, parecía la tesis lo más cuerdo y lo que me llevaría a serlo y, si no, darme cuenta que eso definitivamente no era lo mío; otros prefieren una opción más rápida para poder laborar de inmediato y, bueno, sucede que este es el camino para los que decidimos lo que decidí, estudiar el conocimiento para poder generarlo con la excelencia esperada, superándola (al menos considero que eso deberíamos tener en mente los jóvenes y eso tendrían que inculcarnos los mayores). No olvidemos entonces que, el conocimiento tiene un fin claro: comprender.

A veces el conocimiento le sirve al humano para entender lo que le rodea, entenderse a sí mismo o la interacción entre estos dos. Siempre, en el transcurso de la obtención de información para establecer un nuevo conocimiento, el ser humano se verá estropeado (como cuando algo no se tiene planeado) por sus emociones, pensamientos, creencias, sensaciones, sentimientos y toda clase de sesgos personales (importantes) que le formarán la moral y ética personal, dentro y fuera del ámbito académico, aunque esta se dé en el espacio profesional. Por ejemplo, uno nunca sabe cuándo un participante le contará a uno la historia imprescindible para entender la amistad, todo mientras se le conduce a la sala de

experimentos o cuando se le dirige a la salida; todo como producto de la empatía generada a lo largo de la sesión experimental y la escucha atenta y la atención, en sí misma, que se brindó.

No esperaba que el realizar la tesis me llevaría a sentir frustración, desesperación, enojo o tristeza, mismas que se relacionaban con la situación en la que me encontré emocionalmente, jodidamente triste. Tampoco esperaba que en el espacio donde la realicé encontraría a personas que se volverían inmensamente importantes en mi vida, que ellas me ayudarían a no desistir cuando estaba acongojado. Mucho menos pensé que encontraría, en ese mismo espacio, las palabras que me llevarían a reencontrarme con personas que amo y me gusta que estén en mi vida. No esperé que mi gusto por la lectura y la formación de mi criterio me llevaran a poder leer otras tesis y dar comentarios pertinentes y acertados para la elaboración de éstas, inclusive llegué a cobrar por ese trabajo; porque trabajo que cuesta ayudar a otro a comunicar adecuadamente sus ideas, sin plagios, con mesura y con mucho sentimiento; ¡con todo el sentimiento que involucró el no desistir! Curioso, en esta brecha supe qué tan apasionado podría ser, qué tan entregado sería con mi trabajo, cuánto amor podía dar y darme. ¡No, no le prestes poca atención a este melodrama! Si lo haces, no tendría sentido leer todo lo demás. No tendría sentido que escribir una discusión sea quizá lo más difícil y que por ello se derramen las lágrimas más rotundas, comparadas con todas las lágrimas que he derramado antes.

Es imposible separar lo personal de lo académico, porque es un corazón el que trabaja, es un cerebro el que trabaja; es la comunión entre los dos la que saca adelante el objetivo, volverse un profesional que reivindique el estatus del conocimiento, saber que lo importante no es formar profesionistas; saber que el cometido es formar recursos humanos, que sepan que las capacidades de un cuerpo son impulsadas por las motivaciones de una persona que piensa y siente. Ese es el cometido, eso te brinda una tesis si dejas que el proceso te coma; al final, uno se queda con el beneficio y satisfacción. Todo esto para decir que, ser tesista es complejo, pero no difícil, es multidisciplinario, es un reto para quien lo toma; pero también es la muestra representativa de la población, es decir, es el ejemplo a vivir para entender el mundo real, antes de conocerlo.

Llegué a un laboratorio de investigación, me ubiqué y aprendí cosas de las que nada sabía; leí, busqué, entendí; le mostré a otros lo que sabía y les ayudé a entender; construí varios proyectos de investigación, supervisé los procesos, corregí errores y junto con otros entendimos lo que hacíamos adecuadamente y no; coseché los frutos y me traté de explicar qué diantres estaba pasando. ¿Acaso no le sucede lo mismo a una persona que busca trabajo? Lo encuentra, le entrevistan, no sabe nada y aprende para, al final, tener bajo su tutela a otros y enseñarles lo que sabe. ¿Acaso esto no representa la capacidad para encarar los conflictos presentes, encontrar soluciones para dar pauta a la grandeza de algo nuevo, quizá mejor?

Ese es el reto, atreverse. Este reto ha culminado; con peripecias y miedos, terminó. Pero, pensemos, ¿acaso no da miedo siempre que algo vale la pena?

Así pasa con la ciencia...

o el amor.

Con lo anterior...

Gracias a quien me acompañó en este proceso.

Gracias, Dra. Alejandra Evelyn Ruiz Contreras, por dejarme ser parte de tu laboratorio y dejarme aprender en tus espacios y con el material disponible; por confiar en mí. Por enseñarme que la metodología y análisis estadístico adecuadamente implementados son base medular de datos confiables. Gracias por decirme palabras que me llevaron a cambios importantes en mi vida.

Gracias, Dra. Azalea Reyes Aguilar, por enseñarme en clases sobre la atención. Por ser un formidable ejemplo a seguir, ¿quién sino tú se pasa una vida dando clases en la CDMX y estudiando en Juriquilla? Por el tiempo dedicado a la lectura y comentarios de mi tesis, ¡gracias!

Gracias, Dra. Irma Yolanda del Río Portilla y Dra. Pilar Durán Hernández, quienes dedicaron su tiempo para leer y discutir la información presentada en la tesis, ayudando a la mejora en la presentación y el contenido de la misma. ¡Gracias!

Gracias, Dra. María Guadalupe Flores Cruz, quien fue mi primera influencia en el área de psicobiología y neurociencias, por allá en el primer semestre. Aún recuerdo la exposición sobre la estructura de la célula, que nunca terminé, y las aclaraciones de algunos temas al final de las clases. Por el conocimiento, tiempo y paciencia brindada desde entonces, ¡gracias!

Gracias a ti, mamá, por soportar mis manías, preguntarme cómo iba, si me gustaba; pedirme que te explicara porque no entendías nada y querías comprenderlo. Gracias por ser un ejemplo para mí, la mujer más importante de mi vida. Por apoyarme e incentivarme a ser mejor persona y obrar de manera adecuada y, aunque no lo mencionaras, con amor. Si alguien fue importante para que pudiese elaborar esta tesis, ¡fuiste tú! Siempre llega un punto donde le digo a mis seres queridos: si a alguien me parezco, es a mi mamá. ¡No sabes la emoción que me da el decirlo! ¡Me siento sumamente orgulloso de ser tu hijo! ¡Ante cualquier adversidad, siempre juntos! A pesar de mis manías, mis desbarajustes y que te haga rabiar, eres mi referente y modelo a seguir. Porque me enseñaste que se vale caer, pero no se vale no seguir adelante. ¡Te amo!

Gracias a los profesores que encontré en mi camino por la psicología, en mi búsqueda por querer saber un poco más de todo; recorriendo la psicología clínica, la social y específicamente estudiar la sexualidad. A quienes me inspiraron con sus palabras a no desistir de mis diversos gustos, a seguir a por más. Gracias, Rogelio Flores, por aquellas palabras “Leí tu libro profundamente provocador. No podría ser de otra manera. Tu pluma es fértil, Gachuz. Demasiado fértil”. Cómo no estimarte Rogelio, si tu espíritu se quedó en el aula junto con los alumnos, donde quería estar; un poco o mucho también conmigo. Gracias, Martha López, quien sinceramente me expresó en el pasillo “Cuando te vi en el salón, pensé que eras como cualquiera, después te conocí y pude ver que eras un buen estudiante”. Y así, sin querer queriendo me enseñaste el mundo de la clínica y fuimos compañeros, yo siendo tu coterapeuta; aunque nada fácil, por cierto, ¡eh! Una experiencia que me ayudó a crecer en demasía tanto académica como personalmente. Gracias, Ena Niño Calixto, no olvidaré la primera intervención donde nos conocimos en el tercer semestre, yo dije erróneamente el concepto de construccionismo, tú amablemente respondiste, no, eso es socioconstruccionismo; obviamente explicaste por qué. Después me dejaste ser tu alumno en los albores de la educación de la sexualidad y me dejaste ser tu compañero, tuvimos charlas que, considero, a ambos nos nutrieron, uno escuchando al otro. Tú te robaste mi corazón, eres quizá la maestra a la que más quiero. Por todo, ¡gracias!

Gracias al trípode, a Silvia Cisneros y Elias Mina, por una de las más grandes amistades y equipos que he tenido. Porque, ¿cómo dijiste Silvia?, un equipo necesita ideas, emoción y dirección; cada uno aportó y aporta lo suyo con su sapiencia y personalidad. Por las discusiones en la cafetería, en la sala de nuestras casas, en el coche, en un restaurante y básicamente en cualquier lugar donde estuviéramos los tres. Por llevarme a conocer lugares geniales y coquetos, por hacer que viviera lo que es viajar en incertidumbre; sin saber si comería, aunque sí comíamos; sin saber a dónde iba a dormir, aunque sí dormíamos; sin saber si nos iban a robar, aunque sí nos robaron. Las más grandes experiencias que pude tener en la licenciatura las viví a su lado. ¡Cómo olvidar cuando no quisimos dormir en el lugar donde vivimos y saltamos murallas para llegar a nuestros destinos, duermevelas! ¡Cómo olvidar la acogida maravillosa de los investigadores en Juriquilla! ¡Cómo olvidar los pulques, pueblitos, enojos, lágrimas; el cruce de carreteras en la madrugada! Cómo olvidar que quien quiera ver el infinito que haga lo suyo cerrando los ojos; que todos los mayores alguna vez fueron niños, ¡aunque pocos de ellos lo recuerden...! ¡Los amo! ¡Sí, por fin lo dije! ¡Los amo!

Gracias, Ángela Polo, por llegar con tus palabras tan sinceras, por tus oídos que me escucharon cuando estuve triste, por las pláticas profundamente honestas. Por crecer juntos en lo emocional, abrazarnos tanto como lo necesitamos cuando las palabras no bastaban. Por siempre hacerme sentir tan querido, valioso e importante. ¡Te quiero inmensamente!

Gracias, a mis compañeros del laboratorio: Miryam, Antonio, Ivett, Talia, Ulises, Carla y Elissa. Por enseñarme cuando no sabía y explicarme cuando tuve dudas. Gracias, por dejarme explicarles y compartirles mi conocimiento. Por soportar mi peor racha de emociones negativas, ¡gracias!

Gracias, Alejandra Verduzco, la del pájaro en la barriga, una de mis personas favoritas. Si alguien estuvo presente en este camino, fuiste tú. Mi fiel confidente, amiga, compañera... Una de las mujeres hermosas de mi vida, una de las que me han ayudado e incentivado a ser fuerte y seguir luchando. Tienes mi corazón a tu lado, ¡siempre!

Gracias, Miroslava, por apostar a ver quién escribía primero la tesis y cumplir la apuesta con una comida bastante rica en un lugar muy acogedor. Por dejarme ser libre de pensamiento como entendías que lo era. Por saber escucharme y querer entenderme, por saber que mis obsequios siempre significan algo, aunque no sepas qué y a mí se me haya olvidado. ¡Te quiero, por ser libres y sin prejuicios! ¡Por las futuras aventuras!

Gracias, Naxheli, por tomar oportunamente la decisión de romper lo convencional y conocernos. Porque te ganaste mi confianza a pulso, tomaste mis lágrimas más pesadas en tus manos y me ayudaste a convertirlas en manantial. Por el lenguaje de señas, la pasión, la alegría y la iniciativa; por todo tu noble e inmenso amor. Por ser la única persona que ha logrado que cante en el pumabus con la música a todo volumen sin que importara nada la mirada de los demás usuarios del transporte. ¡Te quiero profundamente!

Gracias, a mis amigos de toda la vida: Emilio, Sergio, José Antonio, Damián, Ferraéz, Uriel, Rafa, Pepe y Carlos Eduardo. Gracias infinitas por todas las risas, las reuniones, las desveladas, por confiar en nosotros como estudiantes y amigos, por haber sido parte de mi investigación como motor emocional y materia prima al haber participado en la sesión experimental. Si una circunstancia en la vida me hincha el pecho de orgullo es nuestra amistad. ¡Que nunca se acabe! Que nunca se acaben los logros personales y colectivos. ¡Mi vida no lo sería sin ustedes! ¡Los amo!

Gracias a todos mis amigos y amigas, a esas hermosas personas que me inspiran a ser más y mejor, para sentirme a su altura en mis temas de interés. A Gustavo Franco, Frida Lira, Karen Gracia,

Eduardo Rodríguez, Ilse Buendía, Diana Hernández, Karen Albino, Karen Lizette, Erick Treglia, Montse Padilla, Carlos Eduardo, Odette Muciño, Magdalena García, Natalia Núñez, Mariana Vermed, Vanne Luevano, Brenda Córdoba, Elizabeth Bailón, Gabriela Lupercio, Romina Torres, Viviana... A algunos tiene mucho tiempo que no les escucho la voz o leo la palabra, pero a todos les sigo el rastro a la lejanía y me da un inmenso gusto cada uno de sus logros.

Gracias a todos los y las participantes que acudieron puntuales a la sesión experimental, porque sin ustedes no hubiera sido posible esta tesis. Porque siempre existan esas bonitas ganas de ayudar a que la ciencia y el conocimiento nos quiten un poquito más lo ignorantes, o nos agrande la ignorancia con las preguntas nuevas que surjan a partir de los datos.

Julio Cortazar decía que las palabras nunca alcanzan cuando lo que hay que decir desborda el alma. Así que, sólo gracias, ¡infinitas gracias por dejarme conocer el corazón que se sostiene sobre cuatro elefantes, los cuales a su vez viajan sobre una tortuga por el espacio! Gracias, Erika Daniela, la mujer que brilló en mis ojos. ¡Siempre contento y emocionado de tus logros!

Gracias, Charles Zhucag, por acompañarme con tu agudo talante ante las decisiones, por el apoyo en los momentos difíciles, por no dejarme seguir en picada y juntos sobrellevar la adversidad. Por inducirme a serle fiel a nuestras decisiones y tratar, aunque a veces nos salga mal, de ser una persona digna de conocer. Por los dos libros que hemos escrito, con la tesis tres. Por creer en el amor platónico, la libertad del existencialismo y desvelarnos con Milan Kundera; por esa pequeña y hermosa biblioteca que hemos construido, esa con la que varios han logrado alcanzar la lectura. ¡Me encantas! ¡Vamos por más!

ÍNDICE

I. RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. ANTECEDENTES.....	18
2.1. Atención.....	18
2.1.1. Tipos de atención.....	22
2.1.2. Atención sostenida y atención selectiva.....	24
2.1.2.1. Atención sostenida.....	24
2.1.2.2. Atención selectiva.....	26
2.1.3. Neurofisiología de la atención.....	29
2.2. Ritmos biológicos y ritmos circadianos.....	33
2.2.1. Ritmos circadianos.....	34
2.2.2. Variaciones circadianas fisiológicas.....	39
2.3. Variaciones diurnas.....	43
2.3.1. Variaciones circadianas y diurnas de la atención sostenida y la atención selectiva.....	45
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	49
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	49
5. OBJETIVO.....	49
6. HIPÓTESIS.....	44
7. MÉTODO.....	50
7.1. Participantes.....	50
7.1.1. Criterios de inclusión.....	51
7.2. Materiales.....	51
7.2.1. Aparatos.....	51
7.2.2. Instrumentos.....	52
7.2.2.1. Cuestionario de Datos Generales.....	52
7.2.2.2. Cuestionario de Antecedentes Neurológicos y Psiquiátricos.....	52
7.2.2.3. Cuestionario de Uso de Sustancias.....	53
7.2.2.4. Inventario de Edimburgo.....	54
7.2.2.5. Inventario de Depresión de Beck.....	54
7.2.2.6. Inventario de Ansiedad de Beck.....	55
7.2.2.7. Escala Breve de Inteligencia Shipley-2.....	55
7.2.2.8. Cuestionario de Matutinidad-Vespertinidad de Horne y Östberg.....	56

7.2.2.9.	Escala de somnolencia de Epworth.....	57
7.2.2.10.	Escala Subjetiva de Alerta-Fatiga.....	57
7.2.2.11.	Escala Subjetiva de Relajación-Estrés.....	58
7.2.2.12.	Total de horas dormidas y sensación de descanso al levantarse....	58
7.3.	Tareas Experimentales.....	59
7.3.1.	Tarea de Vigilancia Psicomotora.....	59
7.3.2.	Tarea de Eriksen.....	60
7.4.	Procedimiento.....	62
7.5.	Análisis de Datos.....	64
8.	RESULTADOS.....	66
8.1.	Características de la muestra.....	66
8.2.	Ejecución en la tarea de vigilancia psicomotora.....	68
8.3.	Ejecución en la tarea de Eriksen.....	68
8.3.1.	%RC.....	68
8.3.2.	TR.....	69
8.3.3.	Índice de Interferencia.....	70
8.4.	Análisis subsecuentes.....	71
9.	DISCUSIÓN.....	75
10.	CONCLUSIÓN.....	85
11.	REFERENCIAS.....	86

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

%RC	<i>Porcentaje de respuesta correcta</i>
5-HIAA	<i>5-hidroxindolacético</i>
5-HT	<i>Serotonina</i>
AB	<i>Área de Broadmann</i>
ANCOVA	<i>Análisis de covarianza</i>
ANOVA	<i>Análisis de varianza</i>
ANT	<i>Attentional Network Task</i>
APO	<i>Área preóptica</i>
APS	<i>Alta presión de sueño</i>
ARG	<i>Arginina</i>
AS	<i>Área septal</i>
ASL	<i>Arterial labelling spin</i>
BPS	<i>Baja presión de sueño</i>
x^2	<i>Ji cuadrada</i>
CCA	<i>Corteza del cíngulo anterior</i>
cog	<i>Congruente</i>
CPFDL	<i>Corteza prefrontal dorsolateral</i>
CPT	<i>Continous Performance Test</i>
DA	<i>Dopamina</i>
DE	<i>Desviación estándar</i>
DF	<i>Desincronización forzada</i>
DOPAC	<i>Ácido dihidroxifenilacético</i>
EEG	<i>Electroencefalografía</i>
EEM	<i>Error estándar de la media</i>
EFT	<i>Eriksen Flanker Task</i>
FSC	<i>Flujo sanguíneo cerebral</i>
GABA	<i>Ácido γ-aminobutírico</i>
GHP	<i>Vía geniculo-hipotalámica</i>
Glu	<i>Glutamato</i>
GP	<i>Glándula pineal</i>
grandCPT	<i>gradual Continous Performance Task</i>
HIG	<i>Hojuela intergeniculada</i>
HP	<i>Hipotálamo</i>
HVA	<i>Ácido homovanílico</i>
IMD	<i>Imagen molecular dinámica</i>
inca	<i>Incongruente alta</i>
incb	<i>Incongruente baja</i>
IRMf	<i>Imagen por Resonancia Magnética funcional</i>
ITD	<i>Imagen por tensor de difusión</i>

LC	<i>Locus coeruleus</i>
MBV	<i>Morfometría basada en voxels</i>
Me	<i>Melatonina</i>
MEC	<i>Mecamilamina</i>
MEG	<i>Magnetoencefalografía</i>
NAB	<i>Núcleo accumbens</i>
NCDi	<i>Núcleo caudado dorsal izquierdo</i>
NIC	<i>Nicotina</i>
NPY	<i>Neuropéptido Y</i>
NR	<i>Núcleos del Rafe</i>
NSQ	<i>Núcleo supraquiasmático</i>
PMD	<i>Protocolo de momento del día</i>
PRC	<i>Protocolo de rutina constante</i>
Psi	<i>Lóbulo parietal superior izquierdo</i>
PVT	<i>Psychomotor Vigilance Task</i>
RaTH	<i>Vía rafe-hipotalámica</i>
ReTH	<i>Vía retino-hipotalámica</i>
SB	<i>Sustancia blanca</i>
SCCA	<i>Sistema colinérgico del cerebro anterior</i>
SG	<i>Sustancia gris</i>
SNA	<i>Sistema nervioso autónomo</i>
T	<i>Tálamo</i>
TA	<i>Tasa de activación</i>
TEP	<i>Tomografía por emisión de positrones</i>
TR	<i>Tiempo de reacción</i>
VL	<i>Proyecciones ventrolaterales</i>
vNSQ	<i>Porción ventral del núcleo supraquiasmático</i>
α 2A	<i>Receptor adrenérgico alfa 2</i>

RESUMEN

La atención es una función cognitiva que lleva a cabo la selección, priorización y supervisión de la información del medio, siendo así una función imprescindible para realizar adecuadamente funciones como la percepción, el lenguaje o la memoria. Se ha reportado que la eficiencia en la atención sostenida en humanos se ve afectada por variaciones circadianas, con la eficiencia más baja entre las 4:00 y 7:00 h, aumentando hacia las 20:00 y 24:00 h; sin embargo, se desconoce el impacto de las variaciones diurna sobre la atención selectiva.

El presente estudio buscó evaluar el efecto de las variaciones diurnas sobre la eficiencia tanto en la atención sostenida como en la atención selectiva, a través de la tarea de *Vigilancia Psicomotora* y de *Flanqueo de Eriksen*, respectivamente. Se evaluaron a 60 participantes voluntarios, 30 hombres y 30 mujeres asignados semi-aleatoriamente a uno de tres grupos de 20 individuos (10 mujeres cada uno). Se balanceó el cronotipo entre los grupos y cada grupo realizó las tareas experimentales en uno de los tres horarios posibles (7:00-9:00 h, 11:00-13:00 h y 18:00-20:00 h). Se compararon los tiempos de reacción y el porcentaje de respuestas correctas en las dos tareas entre los tres grupos. No se encontró influencia de variaciones diurnas en la eficiencia de la capacidad de atención sostenida ni en la selectiva. Es posible que estos datos puedan deberse a mecanismos cerebrales compensatorios, que puedan visibilizarse con el empleo de técnicas de imagenología cerebral, debido a un efecto adaptativo de la atención o a sincronizadores ambientales, como la iluminación o temperatura ambiental, que estén modulando o enmascarando la variación diurna de la atención.

Palabras Clave: Variaciones diurnas, atención sostenida, atención selectiva, eficiencia cognitiva, Tarea de *vigilancia psicomotora*, Tarea de *flanqueo de Eriksen*.

1. INTRODUCCIÓN

William James (1890) definía la atención como *“la acción que hace la mente de tomar posesión, en forma clara y vívida, de uno o varios objetos o series del pensamiento simultáneamente posibles”*. Esta definición hace énfasis en la cualidad de seleccionar tanto información del medio interno como del externo, con el afán de resolver un conflicto o llevar a cabo la acción de manera exitosa. Se sabe que la atención es un mecanismo cognitivo importante que permea la relación del medio externo con procesos cognitivos como el aprendizaje o la memoria (Posner, Rothbart y Voelker, 2016). Además, se ha descrito que la cognición, incluyendo la atención, tiene un patrón circadiano (Piffer, Ponzi, Sapienza, Zingales, y Maestripieri, 2014), es decir, que el momento del día influye en el desempeño cognitivo que se tiene. A pesar de los esfuerzos de estudiar las variaciones circadianas de la atención, éstas aún no son del todo claras (Valdez et al., 2005; Valdez, Ramírez, García, Talamantes y Cortez, 2010). Es posible que la confusión en los resultados que se tiene es debido a los hábitos de los individuos, tales como exponerse hasta altas horas de la noche a la iluminación de teléfonos o computadoras, mismo que repercute en la calidad de sueño, y el ritmo acelerado de la población urbana que lleva a la inadecuada ingesta de alimentos (Navarro et al., 2017).

Considerando lo anterior, en el apartado 2 se describirá qué es la atención, los tipos de atención, particularmente la atención sostenida y la atención selectiva, y sus bases neurofisiológicas; además, se revisará qué son los ritmos circadianos y algunos ritmos circadianos fisiológicos y conductuales; para terminar con la

información reportada en la literatura científica respecto de las variaciones diurnas de la atención sostenida y selectiva.

En los apartados del 3 al 6 se abordará el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, el objetivo y la hipótesis, respectivamente. Para, en el apartado 7, describir la metodología empleada en la presente investigación; así como los análisis estadísticos empleados para analizar los datos obtenidos.

En el apartado 8 se describirán los resultados demográficos de la muestra y los resultados de la eficiencia en la atención sostenida y la atención selectiva en función de los tres momentos del día (8, 12 y 19 h), con el fin de dilucidar si la eficiencia de éstas está relacionada o no a variaciones diurnas y el por qué, abordado en el apartado 9.

2. ANTECEDENTES

2.1. Atención

La atención es el mecanismo de acceso para llevar a cabo cualquier actividad cognitiva, ésta funciona como un sistema de filtro capaz de seleccionar, priorizar y supervisar la información (Portellano y García, 2013), siendo así una función cognitiva primordial para otras funciones como la percepción, el lenguaje o la memoria (Posner, Rothbart, y Voelker, 2016). Debido a su complejidad, la atención se ha estudiado desde las ciencias cognitivas y del comportamiento de manera experimental tanto en modelos animales como humanos, desde la neuropsicología con modelos de lesión y desde las neurociencias a través de la neuroimagen y electrofisiología; del conocimiento recabado hasta el momento, se reconoce que la atención se encuentra distribuida en tres redes diferenciadas tanto funcional como neuroanatómicamente y en interacción entre ellas (Jodar, Periañez y Viejo, 2013).

Desde 1971, Posner y Boies comenzaban a hablar de componentes de los que la atención podría estar constituida (alertamiento, selectividad y capacidad de procesamiento), sin embargo, es hasta 1990 cuando Posner y Petersen plantearon un modelo para evaluar la atención, que considera tres sistemas independientes que se encuentran en interacción entre ellos: el sistema de alertamiento (que se especificaría como de alerta), de orientación y de detección (que después es reconocido como el sistema ejecutivo de la atención). Así mismo, al considerar la participación de diversas estructuras neuroanatómicas se cambia el término y se comienza a hablar de redes en vez de sistemas; así, la red de alerta es la capacidad para producir y mantener una vigilancia óptima y la ejecución durante una tarea

dada; la red de orientación es la capacidad para priorizar entradas sensoriales seleccionando una modalidad o localización espacial; y la red del ejecutivo se encuentra involucrada en la resolución del conflicto entre respuestas (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, y Posner, 2002; Petersen y Posner, 2012).

Para evaluar la eficiencia de la atención y de cada una de sus redes se han empleado diversas tareas cognitivas. A continuación, se mencionarán algunas de ellas:

- Red de alerta: Para evaluar la red de alerta se emplean tareas de vigilancia, que implican la detección de estímulos con una baja frecuencia de presentación, una de ellas es la Tarea de Vigilancia Psicomotora (*Psychomotor Vigilance Task* o PVT; Dinges y Powell, 1985) en donde se presenta un círculo al centro de una pantalla y el sujeto debe presionar un botón cada que lo vea; es importante mencionar que la aparición del círculo es aleatoria, generalmente entre 2 y 10 segundos, de tal manera que el sujeto no pueda predecir su presentación; en esta tarea se emplean los tiempos de reacción (TR) para evaluar la vigilancia, donde a mayor TR se considera menor eficiencia en la tarea. Otra posibilidad para evaluar a red de alerta es la Tarea de Ejecución Continua (*Continuous Performance Test* o CPT; Riccio, Reynolds, Lowe y Moore, 2002) que tiene diversas variantes, en una de ellas se presentan letras y el sujeto debe presionar un botón cuando vea una letra “x” después de una “a”; si la “x” no es precedida por la “a” entonces no se debe emitir una respuesta, la presentación del estímulo objetivo (x) tiene una alta frecuencia de aparición, de tal manera que la respuesta que se emita sea

monótona (Jodar, Periañez y Viejo, 2013); en esta tarea se emplean los TR y la no respuesta a los estímulos objetivo (respuesta incorrecta) y respuestas a los no objetivo (error de comisión); de tal manera que mayores TR, mayor cantidad respuestas incorrectas y errores de comisión indican menor vigilancia.

- Red de Orientación: Para evaluar la red de orientación se emplean tareas de orientación espacial, en las que se presentan claves (p. ej., flechas) para dirigir la atención al lugar en que se presentará el estímulo objetivo, antes de que se presente (Posner, 1980); o empleando el paradigma *oddball* (Tse, Intriligator, Rivest y Cavanagh, 2004) en que se presentan estímulos frecuentes e infrecuentes y el sujeto debe de responder a los infrecuentes (estímulo objetivo); en ocasiones se introducen estímulos infrecuentes que son desconocidos para el sujeto e interfieren con el estímulo objetivo (Jodar, Periañez y Viejo, 2013).
- Red del Ejecutivo: Para evaluar la red del sistema ejecutivo de la atención se emplean tareas en las que existe incompatibilidad en las características del estímulo o de la respuesta. Una tarea clásica es la de Stroop (Stroop, 1935) en la que se presentan palabras y el sujeto debe nombrar el color en que se encuentra escrita la palabra ignorando el significado de la misma; por ejemplo, se presenta la palabra “rojo” en color verde, la persona debe inhibir el significado de la palabra que sería color rojo, la cual sería una respuesta automática, en favor de destacar o seleccionar el color en que está escrita, que sería verde; lograr responder adecuadamente implica un procesamiento controlado de la información. Otra posibilidad para evaluar la red del sistema

ejecutivo es la Tarea de Flanqueo de Eriksen (EFT, por sus siglas en inglés *Eriksen Flanker Task*; Eriksen y Eriksen, 1974) que consiste en la presentación de un estímulo al centro de una pantalla el cual estará flanqueado o acompañado por estímulos iguales o diferentes al central, en esta tarea el sujeto debe responder a los estímulos centrales (Jodar, Periañez y Viejo, 2013). El conflicto ocurre cuando los estímulos laterales son diferentes al central, provocando interferencia en el procesamiento del estímulo central.

Además de estas opciones para la evaluación de la atención se creó una tarea para medir de manera conjunta las tres redes atencionales: la Tarea de Red Atencional (*Attentional Network Task* o ANT; Fan, McCandliss, Sommer, Raz, y Posner, 2002). La ANT es una combinación de la tarea de EFT y la evaluación de los tiempos de reacción a través de claves (ambas mencionadas anteriormente), en esta tarea computarizada se presentan claves (al centro de la pantalla <central> y por arriba y/o por debajo de una cruz central <espacial>) para dirigir la atención antes de la presentación del estímulo objetivo, el estímulo objetivo es una flecha presentada por debajo de una cruz al centro de la pantalla y esta flecha puede estar flanqueada o acompañada de líneas (condición neutral) o flechas en el mismo sentido (congruente) o en sentido contrario (incongruente); la tarea del sujeto es indicar el sentido de la flecha central, izquierda o derecha, presionando un botón.

2.1.1. *Tipos de atención*

El modelo cognitivo de las redes de la atención da cabida a estudiar y entender de manera conceptual la atención. Sin embargo, para poder comprender operacionalmente la atención, los modelos clínicos proponen componentes que tienen una relación con cada una de las redes de la atención, además, son funcionales para la evaluación y diagnóstico de los fenómenos observados en la clínica.

El modelo que proponen Moore y Matter (2001) destaca por tomar en cuenta conceptos teóricos del modelo cognitivo de la atención (Posner y Rafal, 1987; Posner y Petersen, 1990) y proponen cinco componentes de la atención:

- Atención focalizada. Es la capacidad para responder de manera discreta a estímulos visuales, auditivos o táctiles de manera específica. Ésta tiene correspondencia con la red de alerta.
- Atención sostenida. Es la capacidad para mantener una respuesta conductual constante durante una actividad continua y repetitiva. Se encuentra dividida en dos subcomponentes, la vigilancia (algunos autores hacen la distinción entre atención sostenida y vigilancia en función del tiempo que se mantiene la respuesta conductual, considerando que la atención sostenida se lleva a cabo en periodos de segundos y un minuto, y la vigilancia en periodos de minutos y horas; Jodar, Periañez y Viejo, 2013; para fines de esta investigación, atención sostenida y vigilancia se consideran sinónimas) y el control mental o memoria de trabajo, que implica la manipulación de información. Este componente de atención se observa en las clases, cuando

los alumnos deben de escuchar activamente durante cierto lapso de tiempo a su profesor que escribe en el pintarrón o presenta un diaporama. Ésta tiene correspondencia con la red de alerta.

- Atención selectiva. Es la capacidad de mantener un conjunto de conductas o funciones cognitivas frente a la distracción o la competencia de estímulos tanto externos como internos. Se observa cuando, por ejemplo, una persona lee un libro en el transporte público, ésta debe atender la lectura y no hacerlo para los demás estímulos como el ruido de otros coches, la plática de las personas o la música del chofer. Ésta tiene correspondencia con la red del ejecutivo.
- Atención alternante. Es la capacidad para la flexibilidad mental que permita cambiar el foco de atención y cambiar de tareas que tienen diferentes requisitos cognitivos, lo que lleva al control de la información que se procesa. En esta capacidad se considera la implicación de procesos de memoria de trabajo. Por ejemplo, esta capacidad se observa cuando un estudiante escucha una conferencia y deja de hacerlo para escribir algunas notas y posteriormente vuelve a escuchar al ponente. Ésta tiene correspondencia con la red del ejecutivo.
- Atención dividida. Es la capacidad de responder de manera simultánea a múltiples tareas o demandas múltiples de una tarea. Es decir, dos o más respuestas conductuales se requieren para dos o más estímulos que se monitorean. Un ejemplo de esto es conducir un automóvil mientras se

mantiene una conversación con el copiloto. Ésta tiene correspondencia con la red del ejecutivo.

Para fines de esta investigación se ahondará de manera específica en la atención sostenida y la atención selectiva.

2.1.2. *Atención sostenida y atención selectiva*

2.1.2.1. Atención sostenida

Se ha explorado si la atención sostenida se ve influenciada por diversos factores como la edad, el sexo y la privación de sueño. Blatter et al. (2006) evaluaron a un grupo de jóvenes (con una media de edad de 25 ± 3.5 años) y otro de adultos mayores (con una media de edad de 65 ± 5.5 años). Cada participante realizó tareas que evaluaron la vigilancia, a través de PVT, al inicio, durante y después de dos etapas (baja y alta presión de sueño), cada una de 5 días y dos semanas entre ellas, de manera contrabalanceada. La etapa de alta presión de sueño (APS) consistió en una noche de adaptación, sin ningún tipo de estimulación fónica, y una línea base, que se evaluaba 75 min después de que se prendían las luces (8 h), seguida de una privación de sueño durante 40 h, registrando la vigilancia cada 225 min después de la línea base. La etapa de baja presión de sueño (BPS) consistió en una noche de adaptación y una línea base seguida de ciclos alternados de 150 min de vigilia y 75 min de sueño programado (siesta), seguido de una noche de recuperación; el registro se realizó 75 min antes y después de cada siesta. Se mantuvo un protocolo con postura, iluminación e ingesta de alimento controlado.

Blatter et al. (2006) encontraron que las mujeres tienen mayores TR que los hombres sin importar la edad y que el grupo de jóvenes obtuvo menores TR en comparación con los adultos mayores en la APS pero no en la BPS. Además, considerando los datos de la BPS, la ejecución en la tarea tiene su acrofase (punto de mayor rendimiento) a las 20 h y su batifase (punto de menor rendimiento) a las 7:15 h tanto en los jóvenes como en los adultos mayores, sin embargo, este efecto se ve atenuado en la APS. El hecho de que en la BPS la ejecución no sea diferente entre los grupos podría deberse a la siesta que se tomaba; es un hábito que se encuentra de manera frecuentemente en la población adulta mayor, de tal manera que el no tenerla en la APS implicaría una disminución en la eficiencia, en este mismo sentido, la demanda cognitiva de los jóvenes es constante durante todo el día y, probablemente, por tal motivo no se vea interferida.

Adicionalmente, clarificando la diferencia encontrada por la edad, 10,430 personas entre 10 y 70 años resolvieron una tarea de ejecución continua de comienzo gradual (*gradual Continuous Performance Task, grandCPT*; Esterman, Noonan, Rosenberg y DeGutis, 2012). La tarea, con duración de 4 min, se realizó a través de una plataforma en línea (testmybrain.org), que consiste en la presentación de imágenes de ciudades (90%) y montañas (10%) que aparecen y desaparecen de manera gradual una tras otra cada 800 ms, en total se presentaron 299 ensayos; en la que los participantes debieron presionar la barra espaciadora cuando se presentó la imagen de una ciudad y no presionarla cuando se presentó la de una montaña. Se encontró que la eficiencia (obtenida a través del índice de discriminación d' que se calcula restando los puntajes Z de los aciertos menos los

puntajes Z de las falsas alarmas o las respuestas que se dieron cuando no se tenía que responder) en la atención sostenida incrementa desde los 10 hasta los 40 años, aunque este incremento es más pronunciado de los 10 a los 20 años, y comienza a disminuir de los 40 años en adelante (Fortenbaugh, DeGutis, Germine, Wilmer, Grosso, Russo y Esterman, 2015).

2.1.2.2. Atención selectiva

Se ha explorado si la atención selectiva se ve influenciada por diversos factores como el sexo, la edad, la modalidad de procesamiento o la dificultad en la tarea. Daffner et al. (2012) evaluaron la atención selectiva a 103 personas categorizados en cuatro grupos de edad: jóvenes (entre 18-32 años), edad media (entre 40-60 años), adultos-viejos (entre 65-79 años) y viejos (entre 80-85 años). La tarea consistió en la presentación de letras de color rojo o azul al centro de una pantalla, cada ensayo se presentaba una letra de manera aleatoria; la mitad de los participantes debían presionar un botón cuando detectaran las letras de color rojo, pero no las azules y la otra mitad respondían a las de color azul, pero no a las rojas. Se observó que el grupo de jóvenes respondía más rápido a los estímulos objetivo en comparación con adultos-viejos y los viejos, sugiriendo que la edad puede influir en la ejecución de atención selectiva; sin embargo, aunque estos datos dan un bosquejo general de la eficiencia de la atención selectiva en diferentes rangos de edad, los rangos de edad establecidos son dispares y la información se debe considerar a reserva de ello.

Por otro lado, Stoet (2017) evaluó a 418 participantes (236 hombres; 18-53 años) a través de una tarea en una plataforma en línea (<http://www.psytoolkit.org>) en la que se presenta una flecha que apuntaba a la derecha o izquierda, posicionada a la izquierda o derecha de una cruz al centro como punto de fijación; si coincidía la posición de la flecha con la dirección a la que apuntaba se consideraba un ensayo “compatible” y si no coincidía la posición con la dirección de la flecha se consideraba un ensayo “incompatible”. Los participantes debían responder si la flecha apuntaba a la izquierda o a la derecha. Los resultados mostraron que los TR de las mujeres son mayores en comparación con los de los hombres, lo que sugiere una diferencia en la eficiencia de la atención selectiva en función del sexo; sin embargo, por el tipo de tarea empleada, es posible que la diferencia encontrada pueda deberse a la diferencia en el procesamiento de información espacial entre sexos (Rilea, 2008).

Donohue, Appelbaum, McKay y Woldorff (2017) evaluaron la atención selectiva con la tarea Stroop, que se sabe tiene un componente de resolución de conflicto semántico, y la EFT, que se sabe tiene un componente de resolución de conflicto espacial, empleando una modificación en cada tarea para evaluar si la dificultad en la cantidad de estímulos a los que se debía responder podría modularla. Ambas tareas tenían dos o cuatro estímulos a los cuales responder mediante cajas de respuesta. Para el caso de Stroop se debía responder el color del fondo en el que estaba escrita una palabra escrita en color blanco, en una tarea se debía responder solamente a dos colores (i.e., azul y rojo) y en otra tarea se respondía a cuatro colores diferentes (i.e., amarillo, púrpura, rosa o naranja), el color del fondo con el significado de la palabra podía coincidir (congruente) o no (incongruente). Para el

caso de la tarea de flanqueo se presentaban letras y se respondía solamente con respecto a la letra central, podía responderse a dos letras (i.e., X o T) y en otra tarea a cuatro letras diferentes (i.e., I, A, V o H), la letra central podía estar flanqueada por letras similares (congruente) o por letras diferentes (incongruente). Se obtuvieron menos errores en la tarea Stroop que en la tarea de flanqueo; fueron menos los errores para la condición congruente comparada con la incongruente; y menos errores en la versión con dos opciones de respuesta comparada con la versión de cuatro opciones de respuesta. Estos resultados sugieren que la atención selectiva puede verse influida por la modalidad (semántica o espacial) en la tarea y por la dificultad de la misma.

Los resultados de las investigaciones relacionadas a los factores que pueden influir en la capacidad de atención sostenida y selectiva se tomaron en cuenta en esta tesis, de tal manera que, se controló la cantidad de mujeres y hombres entre los grupos, el rango de edad de los participantes; para el caso particular de la atención selectiva, la tarea que se empleó para evaluar ésta, concentra los estímulos al centro de la pantalla, para evitar el efecto de diferencias en la capacidad espacial entre hombres y mujeres, y, asimismo, se moduló la dificultad en la tarea para poder relacionar los datos reportados en la literatura científica y los encontrados en esta tesis.

2.1.3. Neurofisiología de la atención

Como se ha mencionado anteriormente, cada una de las redes de la atención se encuentran anatómica y funcionalmente separadas, pero en interacción. Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum y Posner (2005) emplearon la técnica de Imagen por Resonancia Magnética funcional¹ (IRMf) mientras se resolvió la ANT. Para obtener las imágenes funcionales de cada una de las redes de la atención se realizan sustracciones de las diferentes condiciones que se presentan: el efecto de alerta se obtiene de la resta de la clave central menos la no clave; el efecto de la orientación restando la clave espacial menos la clave central; y el efecto de conflicto o ejecutivo de la resta del incongruente menos el congruente. Se encontró activación cortical fronto-parietal y talámica, específicamente actividad en la región intraparietal anterior (área de Brodmann <AB> 7), el lóbulo parietal inferior (AB 40), el giro fusiforme (AB 37), el giro frontal inferior (AB 47), el giro temporal superior (AB 22) y los colículos superiores para la red de alerta; activación del giro fusiforme (AB 37), el giro precentral (AB 6), el lóbulo parietal superior (AB 7), el giro frontal superior (AB 6), el giro postcentral (AB 2) y el giro precentral (AB 4) para la red de orientación; y la activación del núcleo pulvinar del tálamo, el giro frontal superior (AB 6), el giro frontal inferior (AB 45), el giro fusiforme (AB 37), el giro frontal inferior (AB 47), el giro frontal medial (AB 6) y el giro del cíngulo anterior (AB 32) para la red del ejecutivo.

¹**Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf):** Es una técnica de imagenología cerebral que detecta las variaciones en la concentración de oxígeno en el flujo sanguíneo cerebral. Como unidad de medida en esta técnica se utiliza la dependencia del nivel de oxígeno en la sangre conocido como BOLD, por sus siglas en inglés (*Blood Oxygen Level Dependent*). La actividad se observa cuando el resonador detecta un cambio en la hemoglobina desoxigenada dependiente de la presentación de un estímulo comparado con un estado de reposo (Redolar, 2014).

Además, se mencionó que la atención sostenida y selectiva se relacionan con las redes de la atención. Al evaluar la atención sostenida con la PVT (descrita en el apartado 2.1.2.1.), mientras se registraba a los participantes con IRMf, se encontró una activación cortical fronto-parietal y talámica similar a la presente en la red de alerta (Drummond, Bischoff-Grethe, Dinges, Ayalon, Medrick y Meloy, 2005). Y al evaluar la atención selectiva, mediante el uso de la magnetoencefalografía² (MEG) y la EFT (con arreglos de flechas con ensayos congruentes e incongruentes como en la ANT), se reportó la actividad en regiones frontales dorsales y ventrales, así como de la corteza del cíngulo anterior, correspondientes a la red del ejecutivo (McDermott, Wiesman, Proskovec, Heinrichs-Graham y Wilson, 2017).

Por otro lado, se ha reportado relación de diferentes sistemas de neurotransmisión y las redes de la atención. Para el caso de la red de alerta, Aston-Jones, Chiang y Alexinsky (1991) evaluaron a primates no humanos con una tarea, que evaluó la vigilancia, en la que se presentaba una luz de color el 20% de las ocasiones (objetivo) y una luz de otro color el 80% restante, si contestaba adecuadamente al objetivo se le daba jugo, mientras se registraban neuronas del locus coeruleus (LC), ésta es una de las regiones cerebrales donde se originan las neuronas noradrenérgicas. Los investigadores reportaron que la tasa de activación (TA) tónica alta en el LC se asoció con falta de atención, una TA fásica intermedia con una ejecución óptima y una TA tónica baja con somnolencia. Posteriormente,

²**Magnetoencefalografía (MEG):** Es una técnica de imagenología cerebral no invasiva que mide pequeños campos magnéticos producidos por corrientes neuronales. Ésta se suele combinar con la imagen de la resonancia magnética estructural y con ello la MEG logra dar una alta confiabilidad espacial de la localización de la actividad cerebral (Zhang, Zhang, Reynoso y Silva-Pereyra, 2014).

se encontró que microinfusión de clonidina, agonista al receptor adrenérgico alfa 2 (α_{2A}), disminuyó la TA tónica, lo que mejoró el rendimiento atencional de los primates (Ivanova, Rajkowski, Silakov, Watanabe y Aston-Jones, 1997).

Con respecto a la red de orientación, ésta se evaluó en macacos con y sin lesión del sistema colinérgico del cerebro basal anterior (SCCA) con una tarea en la que se emplearon tres pantallas, al comienzo del ensayo la pantalla central se iluminaba y las que se encontraban a cada uno de sus lados no, posteriormente se encendía una luz ámbar sobre alguna de las pantallas adyacentes y luego se encendía alguna de las pantallas; había ensayos en las que la presencia de la luz ámbar coincidía con la pantalla encendida en el mismo lado (clave válida) y otros en los que no coincidía al encenderse la pantalla del lado contrario (clave inválida). Los datos mostraron ralentización para los macacos con lesión en SCCA en los ensayos con clave válida comparados con macacos sin lesión, además, esta ralentización fue mayor para los ensayos de clave inválida (Voytko, Olton, Richardson, Gorman, Tobin y Price, 1994). Adicionalmente, se administró, vía intraperitoneal, ditartrato de nicotina (NIC; agonista nicotínico colinérgico) e hidrocloreuro de mecamilamina (MEC; antagonista nicotínico) a ratas, 15 min previos a resolver una tarea con claves similar a la ya mencionada (donde en los ensayos con clave válida el lado donde se encendía la luz estaba en el mismo lado donde estaría disponible el agua y en la clave inválida la disposición del agua y la luz estaban en lados opuestos) y se encontró que el aumento en la dosis administrada de NIC mejoraba los TR y el de MEC los empeoraba (Stewart, Burke y Marrocco, 2001).

Finalmente, para la red del ejecutivo, empleando la EFT con arreglo de flechas se realizaron imágenes moleculares dinámicas³ (IMD) para identificar si la dopamina (DA) se relaciona con esta red. A los participantes se les administró de manera intravenosa un ligando para el receptor a DA (raclopride) y posteriormente se realizó la EFT, primero se presentaron los ensayos congruentes (durante 25 min) y posteriormente los ensayos incongruentes (durante 20 min); cada 4 min se tenían 15 s de descanso. Se encontró que hubo un incremento en la liberación de dopamina en el núcleo caudado dorsal izquierdo (NCDi), la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) y la corteza del cíngulo anterior (CCA) durante la condición incongruente comparada con la congruente (Badgaiyan y Wack, 2011); áreas relacionadas con la red del ejecutivo.

En resumen, sabemos que la atención es una función cognitiva compleja que las ciencias cognitivas abordaron como un sistema de redes que son neuroanatómica y funcionalmente diferentes, pero en constante interacción, las cuales se encuentran relacionadas a sistemas de neurotransmisión específicos. Además, cada una de las redes atencionales tiene una correspondencia con los componentes atencionales que la perspectiva clínica plantea. De manera específica, la atención

³**Imagen molecular dinámica (IMD):** Es una técnica que detecta, mapea y evalúa los neurotransmisores relacionados a procesos cognitivos en el cerebro humano vivo de manera robusta. Ésta se vale de la competencia entre el neurotransmisor y el ligando del receptor radiomarcado. Debido a la competencia, la concentración del ligando disminuye en áreas del cerebro donde el neurotransmisor se libera durante el desempeño de una tarea. La concentración disminuida se detecta midiendo la actividad del radioligando inyectado por vía intravenosa usando una cámara de la tomografía por emisión de positrones⁴ (TEP). A través de los datos adquiridos por la TEP, se aplica un modelo cinético del receptor que estima los valores de éste en diferentes puntos en el tiempo (Badgaiyan, 2011).

⁴**Tomografía por emisión de positrones (TEP):** Es una técnica empleada para estudiar la radiación electromagnética resultante de introducir un marcador radioactivo (el radiotrazador) de manera intravenosa. La radiación electromagnética (fotones) permite la reconstrucción de la densidad de radiotrazadores dentro de los sujetos. Así, la técnica aprovecha la necesidad de los tejidos de determinadas sustancias químicas como el oxígeno, el hidrógeno o la glucosa al marcarlos radioactivamente (Redolar, 2014; Maestú, Ríos y Cabestrero, 2008).

sostenida y la atención selectiva han sido evaluadas con tareas cognitivas y se ha encontrado que la eficiencia de estos componentes de la atención se ve influenciados por el sexo, la edad, la modalidad que la tarea cognitiva emplea para su resolución y la dificultad en la tarea. Es decir, estos componentes de la atención se modifican por diferencias individuales o las demandas del ambiente (i.e., variaciones circadianas o las diurna) (Valdez et al., 2005; Valdez et al., 2010).

2.2. Ritmos biológicos y ritmos circadianos

Los seres vivos se encuentran bajo la influencia de eventos repetitivos y/o cíclicos de naturaleza tanto exógena (p. ej., ciclos lunares) como endógena (p. ej., ciclo menstrual). A estos cambios que se repiten con patrones, probabilidad y periodos similares se les conoce como ritmos (Koukkari y Sothorn, 2006). El descubrimiento de ritmos biológicos data desde épocas antiguas, por ejemplo, Andróstenes relató que las hojas y pétalos de la planta del tamarindo se movían a lo largo del día (Golombek, 2007). En la actualidad, se han clasificado los ritmos biológicos en función de la periodicidad con la que ocurren, que puede ser desde segundos hasta años (Koukkari y Sothorn, 2006). El ritmo más estudiado es el circadiano, este ritmo ocurre con una periodicidad cercana (circa) a un día (dies; 24 h), algunos autores consideran que este ritmo puede ser de 24 ± 4 h (Halberg, Carandente, Cornelissen y Katinas, 1977). El segundo es el ritmo ultradiano, que refiere a los ritmos que suceden con periodicidades menores a 20 h; y el tercero es el ritmo infradiano, que sucede con periodicidades mayores a 28 h (Koukkari y Sothorn, 2006).

Es importante mencionar que los ritmos tienen tres características: el periodo, mencionado anteriormente, que refiere el tiempo requerido para completar un ciclo, en ocasiones se emplea el término “frecuencia” definido como el número de ciclos por unidad de tiempo entonces, por ejemplo, una hoja puede cambiar su orientación con una frecuencia de cuatro veces por hora o en periodos de 15 min; la amplitud, refiriendo la magnitud de la variable desde su línea base hasta un pico o valle basada en un modelo matemático (p. ej., coseno), si no se identifica la amplitud, no se puede hablar de ritmos; y la fase, considerado como cualquier estado o punto repetible de un ciclo, los más importantes son el punto más alto en la curva matemática desde la línea base (acrofase) y el punto más bajo (batifase) (Koukkari y Sothorn, 2006). Para fines de esta tesis se ahondará en los ritmos circadianos.

2.2.1. Ritmos circadianos

Quizá el ritmo de más interés sea el circadiano porque es el que impacta de manera directa en los seres vivos al estar bajo ciclos de actividad-reposo o de luz-oscuridad de 24 h. El hecho de que variables ambientales, como la presencia de luz, puedan modular a los organismos resalta la pregunta de si los ritmos son de carácter endógeno, exógeno o ambos. Una manera de abordar este problema ha sido estudiar la actividad conductual o fisiológica, por mencionar algo, de los sujetos en condiciones controladas (i.e., control de iluminación y temperatura ambiental). Uno de los primeros estudios al respecto probó que la temperatura corporal y los periodos de actividad-reposo de los sujetos seguían un ritmo circadiano, dando cabida al carácter endógeno de los ritmos. Sin embargo, cuando la luz permanecía encendida más tiempo de lo usual, aunque la temperatura corporal seguía siendo

constante, los periodos de actividad-reposo se extendían (von Aschoff y Wever, 1962; Aschoff, 1965), dejando ver que el componente exógeno si bien no desaparece al endógeno, sí lo puede modular.

Aunque el componente exógeno (sincronizador) puede modular los ritmos biológicos (en este caso los circadianos), los ritmos están presentes aun cuando el sincronizador no esté presente para modularlo y, por ello, se postuló y probó que existe un reloj biológico (oscilador) que los mantiene. Además, los ritmos pueden retroalimentar al reloj y el sincronizador puede influenciar el ritmo biológico, pero no necesariamente al reloj (enmascaramiento; *ver* figura 1). Como se mencionó antes, la iluminación puede modular o enmascarar los periodos de actividad-reposo de los animales, pero no la temperatura corporal, ésta sigue teniendo el mismo patrón circadiano debido a que su oscilador la mantiene.

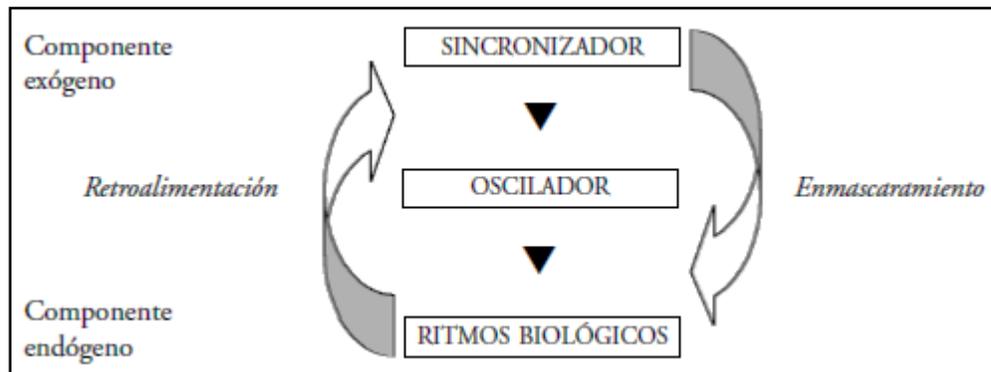


Figura 1. Componentes que intervienen en los ritmos biológicos y sus relaciones (tomado de Golombek, 2007).

Lo anterior llevó a la pregunta, ¿dónde se encuentra este reloj biológico que modula los ritmos? Al ser un sincronizador importante la luz, una de las estrategias

fue estudiar las vías de la retina; Moore y Lenn (1972) inyectaron un trazador en la cámara posterior de la retina en ratas y comprobaron la existencia de una vía directa desde la retina al hipotálamo (la vía retinohipotalámica; ReTH), que finaliza específicamente en los núcleos que se encuentra encima del quiasma óptico, los núcleos supraquiasmáticos (NSQ; Johnson, Morin y Moore, 1988). Con el paso del tiempo y el estudio del NSQ, ahora se tiene certeza que éste es el reloj biológico u oscilador primario de los ritmos circadianos en el cerebro de mamíferos (Sollars y Pickard, 2015).

Para evaluar si el NSQ era el reloj biológico, se realizaron estudios de lesión electrolítica en el NSQ de ratas, encontrando que esta lesión provocaba la pérdida de los ritmos de actividad locomotora e ingesta de bebida en las ratas lesionadas comparadas con las ratas sin lesión (Stephan y Zucker, 1972); además, se ha disectado el NSQ y se ha mantenido en cultivo *in vitro*⁵ y se ha reportado que las células del NSQ disparan de manera rítmica en un periodo de 24 h posterior a la sección (Inouye y Kawamura, 1979; Green y Gillette, 1982); y en estudios donde primero se lesiona al NSQ de roedores adultos y se prueba la extinción de los ritmos de ingesta y movilidad, el trasplante del NSQ de fetos restaura los ritmos tanto en ratas (Druker-Colín, Aguilar-Roblero, García-Hernández, Fernández-Cancino y Bermudez, 1984; Sollars, Kimble y Pickard, 1995) como en hamsters (Aguilar-

⁵ **In vitro:** La microscopia de tejido vivo se basa normalmente en el empleo de cultivos celulares (células aisladas de un tejido) o tisulares (secciones de tejido nervioso), incubados en soluciones complejas que contienen los elementos necesarios para su supervivencia, en condiciones de oxigenación y temperatura controladas (Maestú, Ríos y Cabestrero, 2008).

Roblero, Morin y Moore, 1994). Con lo anterior, se confirma el papel regulador del NSQ sobre los ritmos circadianos.

Se ha descrito que la principal aferencia fótica del NSQ proviene de los ojos a través de la vía ReHT; una segunda aferencia fótica, aunque indirecta, proviene de la hojuela intergeniculada (HIG) a través de la vía geniculo-hipotalámica (GHP); y una tercera aferencia, pero de tipo no fótica, proveniente de los núcleos de rafe (NF) a través de la vía rafe-hipotalámica (RaHT). Todas ellas terminando en la porción ventral del NSQ (vNSQ; Refinetti, 2016). Cada una de estas aferencias y sus vías hacia el NSQ emplean un neuromodulador específico, para el caso de la ReHT el glutamato (Glu) es su principal neurotransmisor; estimulando la sinapsis con microinyección o fármacos agonistas de Glu se ha encontrado cambio en el ritmo tanto de la actividad celular (Shirakawa y Moore, 1994; Franken, Cao, Heller y Miller, 1999) como del comportamiento (Novak y Albers, 2002). Para la vía GHP, se ha detectado al neuropéptido Y (NPY); realizando microinyecciones en el NSQ de NYP se ha observado un cambio de fase en ratas (Huhman y Albers, 1994). En los NR se origina la vía serotoninérgica que proyecta a diversas áreas del cerebro, incluido el NSQ; empleando la administración de quipazina (agonista a receptores de serotonina <5-HT>;5-HT_{2a} y 5-HT₃), la vía serotoninérgica adelanta la fase del ritmo al ser estimulada (Edgar, Miller, Prosser, Dean y Dement, 1993).

El NSQ proyecta a tres áreas principales: el hipotálamo (HP), el tálamo (T) y al área septal (AS). Las proyecciones ventrolaterales (VL) del NSQ llegan a la zona subparaventricular lateral; y las proyecciones dorsomediales (DM) del NSQ llegan

al núcleo paraventricular (PV) del HP y del T, la zona subparaventricular medial, el área preóptica y el núcleo DM del HP (Leak, Card y Moore, 1999; Leak y Moore, 2001). Además, el PV del HP se ha relacionado a la ritmicidad circadiana del sistema nervioso autónomo (SNA), la actividad del eje adrenocorticotrópico (relacionada al ritmo circadiano de la producción de cortisol) y el ritmo de la hormona melatonina (Me) en la glándula pineal; el DM del HP con ritmos endócrinos y de comportamiento; y el PV del T con la regulación de la actividad del hipocampo, la amígdala, el septum, la corteza del cíngulo y el núcleo accumbens, generando así ritmos relacionados con tono afectivo, integración sensorio-motora y procesos cognitivos (Refinetti, 2016).

La secreción de la Me en la GP forma un asa de retroalimentación con el NSQ, mediante la cual modula la sensibilidad que el NSQ tiene a la luz (Guadarrama-Ortíz et al., 2014). Se sabe que la secreción de Me se da en los periodos de oscuridad, por lo que modificar el periodo de tiempo de oscuridad, aumentando o disminuyéndolo, podría modificar los periodos de actividad y reposo de los animales; se ha reportado que al realizar una infusión temporizada de Me, en la que cada día se administró Me durante una hora a ratas, el ritmo de actividad se arrastró y éste se reestableció hasta que la administración cesó (Slotten, Pitrosky y Pévet, 1999; Claustrat y Leston, 2015). Además, existen receptores de Me a nivel central y periférico, impactando en los ritmos de todo el organismo. Por ejemplo, se ha propuesto que la disminución de la temperatura central durante la noche es debida a la estimulación del receptor de melatonina de la vasculatura periférica; evento que a su vez facilita el sueño (Claustrat y Leston, 2015).

Hasta este punto se sabe que el reloj biológico primario es el NSQ el cual tiene diversas aferencias y eferencias mediante las cuales existe una modulación de los ritmos circadianos. A continuación, se mencionarán algunas variaciones circadianas fisiológicas que podrían relacionarse con la eficiencia en las funciones cognitivas (i.e. atención).

2.2.2. Variaciones circadianas fisiológicas

Algunas de las variaciones circadianas fisiológicas son las siguientes:

- Se ha descrito que el nivel de la temperatura corporal en humanos aumenta conforme el día transcurre, comenzando el incremento a partir de las 12:00 h, teniendo su acrofase entre las 15:00 hasta las 18:00 h con 37.6°C de temperatura; por otro lado, hacia el final del día ésta se ve disminuida, donde la batifase se encuentran alrededor de las 4:00 h con 36.6°C (Bailey y Heitkemper, 2001; Cuesta, Boudreau, Cermakian y Boivin, 2017; Monk, et al., 1994; Valdez, Ramírez, García, Talamantes y Cortez, 2010). Resulta relevante saber que la temperatura corporal oscila de los 36°C hasta 37.5°C, si se mide de manera bucal entre 36.5 y 37°C, elevándose hasta 0.6°C más si se mide en el recto (Guyton y Hall, 2011). Kleitman y Jackson, desde 1950, proponían que se podía estimar la eficiencia en el rendimiento físico y cognitivo mediante los niveles de temperatura corporal. Ésta refleja cambios en el metabolismo (i.e., del cerebro), mismos que podrían explicar el cambio en el rendimiento (Kleitman y Jackson, 1950).
- Se ha descrito que los niveles de cortisol se incrementan a partir de las 4:00 y hasta las 8:00 h, donde se encuentra la acrofase, después de las 8:00 h los

niveles disminuyen gradualmente hasta las primeras horas de la madrugada (Bailey y Heitkemper, 2001; Liddle, 1996). Estas variaciones circadianas fisiológicas nos indican la presencia de cambios en el metabolismo de todo el organismo, incluyendo el cerebro, lo que puede repercutir en la función cognitiva. Un meta-análisis describió que el cambio en los niveles de cortisol a lo largo del día se relaciona con una amplia gama de alteraciones en la salud mental y física (i.e., fatiga, cáncer, obesidad o síntomas y trastornos de depresión; Adam et al., 2017); lo que podría asociarse, asimismo, con el cambio en el rendimiento conductual y cognitivo.

- Se ha descrito que los niveles de diversos neurotransmisores muestran un ritmo circadiano. En el caso de la 5-HT, al evaluar los niveles de ésta en sangre y algunas regiones del cerebro de ratas, se encontró que la acrofase de la 5-HT es alrededor de las 22 h en el plasma sanguíneo, la GP, el HP, el hipocampo (HC) y el estriado; y la batifase alrededor de las 5 h en las mismas áreas y el plasma (Sánchez, Sánchez, Paredes, Barriga y Rodríguez, 2008). Además, al evaluar los niveles extracelulares por medio de cánulas en el cerebro de ratas, se encontró que la DA y sus metabolitos (ácido dihidroxifenilacético <DOPAC> y ácido homovanílico <HVA>), el metabolito de la serotonina 5-hidroxiindolacético (5-HIAA), Glu, el ácido γ -aminobutírico (GABA) y la arginina (ARG) tienen variaciones circadianas en el estriado y, a excepción de la ARG, en el núcleo accumbens (NAB; Castañeda, Prado, Prieto y Mora, 2004). La disponibilidad de los diferentes neurotransmisores en el cerebro podría relacionarse con una actividad diferencial a nivel estructural, conductual o cognitivo.

Una manera de evaluar si existen cambios estructurales o funcionales en el cerebro a lo largo del día es con el empleo de técnicas de imagenología cerebral. Se ha descrito, evaluando por medio de diferentes análisis de IRMf, que existen variaciones en el volumen cerebral a lo largo del día (Trefler et al., 2016), siendo mayor el volumen de la sustancia blanca (SB; Trefler et al., 2016; con imagen por tensor de difusión⁶ <ITD>, Rosenberg, Maximov, Reske, Grinberg y Shah, 2014) y la sustancia gris (SG; Trefler et al., 2016; con morfometría basada en voxes⁷ <MBV>, Takeuchi et al., 2015) por la mañana (10:00 h) con respecto de la tarde (16:00 h). Estos hallazgos podrían explicarse por la deshidratación del cerebro o la absorción diurna del líquido cefalorraquídeo, sin embargo, los datos no son concluyentes (Trefler et al., 2016). Esto es, se ha evidenciado que mayor volumen cerebral no está necesariamente relacionado con mayor eficiencia cognitiva. Por ejemplo, Kanai et al. (2011) reportaron un mayor volumen de la SG del lóbulo parietal superior izquierdo (PSi) asociado a distractibilidad.

Asimismo, se ha encontrado que el flujo sanguíneo cerebral (FSC; evaluado con etiquetado arterial del giro o *arterial labelling spin*⁸ <ASL>) y la conectividad de la CCA, la corteza prefrontal y regiones parietales en estado de reposo es mayor por la mañana (8:00 h) y disminuye hacia la noche (19:00 h) (Blautzik et al., 2013; Hodkinson et al., 2014). Se ha reportado que el FSC se asocia con el empleo de

⁶ **Imagen por tensor de difusión (ITD):** Es una técnica de imagenología cerebral que permite cuantificar el grado de anisotropía de los protones de agua en los tejidos. La anisotropía es la propiedad del tejido cerebral normal que depende de la direccionalidad de las moléculas del agua y de su integridad de las fibras de SB. Los tractos muy densos muestran un mayor grado de anisotropía, mientras que la SG tiene menor grado respecto a la SB (Romero, Gishi, Mazzucco y Ternak, 2007; Maestú, Ríos y Cabestrero, 2008).

⁷ **Morfometría basada en voxes (MBV):** La morfometría es un método cuantitativo que se basa en el análisis formas, además, es una herramienta eficaz para detectar diferencias en las medidas morfométricas entre sujetos. Este método detecta la diferencia en la densidad de la SG o la SB al comparar intensidades locales de diferentes mapas (Gloria y Vega, 2003; Maestú, Ríos y Cabestrero, 2008).

glucosa, consumo de oxígeno y glucólisis aeróbica (Raichle, MacLeod, Snyder, Powers, Gusnard y Shulman, 2001; Vaishnavi, Viassenko, Rundle, Syder, Mintun y Raichle, 2010), y los datos mencionados respaldan la hipótesis que da cabida a una reorganización de estas áreas por la tarde, cuando se consume menos energía. Sin embargo, esta reorganización volvería deficiente la capacidad de integración de información sensorial (Hodkinson et al., 2014). Es importante mencionar que estos resultados son confiables en el sentido de que se controló el cronotipo y el horario de sueño típico de los participantes. El cronotipo es un atributo que refleja la fase circadiana de los individuos, mismo que refiere el momento del día en que las personas prefieren realizar sus actividades (Levandovski, Sasso y Paz, 2013); dicha preferencia podría explicar los cambios encontrados con las diferentes técnicas de no haberse controlado.

Además, la variación fisiológica podría relacionarse con la variación en la eficiencia conductual o cognitiva. Al respecto, se ha propuesto que el reloj biológico genera oscilaciones en el sistema nervioso, lo que da lugar a variaciones en el desempeño de todo tipo de funciones y tareas; una segunda explicación, propone que el reloj biológico produce en uno o más sistemas cerebrales específicos, que resulta en el cambio de procesos específicos. Además, se ha propuesto que existen tres procesos cognitivos que pueden ser modulados por ritmos circadianos:

⁸ **Arterial labelling spin (ASL):** Es una técnica de resonancia magnética para medir la perfusión tisular empleando un trazador intrínseco de difusión libre. La perfusión se refiere a la entrega de oxígeno y nutrientes al tejido por medio del flujo sanguíneo. Básicamente, antes de que el agua en la sangre entre al tejido de interés, ésta se etiqueta magnéticamente y se evalúa o traza la ruta que sigue (Petcharunpaisan, Ramalho y Castillo, 2010; Maestú, Ríos y Cabestrero, 2008).

atención, memoria de trabajo y funciones ejecutivas (Valdez, Ramírez y García, 2014).

En resumen, se sabe que el NSQ es el reloj biológico, el cual a través de sus aferencias es modulado por el ambiente de manera fótica y no fótica, y a través de las eferencias modula diversas áreas por medio del SNA y de ritmos endócrinos y conductuales. En el caso de ratas, se han observado ritmos circadianos de diversos neurotransmisores que están implicados en la modulación de la cognición (i.e. atención), además, en estudios con humanos se ha observado la fluctuación de áreas cerebrales implicadas en el procesamiento atencional y su variación tanto en volumen cortical, FSC y conectividad a lo largo del día, que podrían estar relacionadas con la variación en la eficiencia de la atención.

2.3. Variaciones diurnas

Como se ha mencionado anteriormente, las variaciones circadianas son cambios que se repiten con patrones, probabilidad y periodos similares (24 ± 4 h). Por su parte, un campo menos estudiado es el de las variaciones diurnas que, en comparación con las circadianas no se encuentran sometidas a periodos de sueño-vigilia, refiere a los patrones que tienen cabida en la vigilia de los seres vivos, particularmente en los humanos (Adan y Sánchez-Turet, 2000). Para estudiar ambas variaciones se han propuesto tres protocolos experimentales con objetivos diferenciales en función de qué se quiere evaluar:

- Desincronización forzada (DF): Este protocolo pretende eliminar el enmascaramiento de los sincronizadores. Se sabe que el arrastre de los

animales es específico, esto significa que la temperatura corporal central se mantiene en su rango durante 24 o 25 h y la conducta puede variar o arrastrarse, en el caso de los humanos, de 23.5 a 26.5 h y, como se había mencionado antes, algunos mencionan 24 ± 4 h. La DF podría imponer días de 21 o 28 h, por mencionar algo. Éste protocolo se puede combinar con el protocolo de rutina constante o bien los sujetos pueden dormir acoplando los ciclos a otra periodicidad (p. ej., 21 o 28 h). Las limitaciones de este protocolo son, en primer lugar, que el esfuerzo por no quedarse dormido puede provocar un efecto de enmascaramiento; en segundo, que el desempeño cognitivo no se puede controlar; y, en tercero, que el método no controla la fatiga; las tres limitaciones asumen que podrían afectar el nivel de temperatura corporal central (Hanneman, 2001; Blatter y Cajochen, 2007).

- Protocolo de rutina constante (PRC): Este protocolo pretende eliminar el enmascaramiento de los sincronizadores, para lograrlo, el sujeto es puesto bajo condiciones constantes de temperatura ambiental, humedad, iluminación, periodos de actividad-reposo, sueño-vigilia, y nutrición. Por lo general, los sujetos se mantienen despiertos, sentados en una cama con pequeñas porciones de sólidos y líquidos administrados en tiempos iguales con ingesta de calorías proporcionales en cada ocasión para completar un total de calorías por día. También, es importante que los sujetos sean arrastrados a un ritmo circadiano de 24 h varios días antes de iniciar el protocolo. Las limitaciones de este protocolo son similares a las de la DF (Hanneman, 2001; Duffy y Dijk, 2002; Blatter y Cajochen, 2007).

- Protocolo de momento del día (PMD): En éste se registran las respuestas a una misma tarea en varias ocasiones en el día. Las evaluaciones se realizan en un entorno natural y durante el día, raramente durante la noche. En comparación con los protocolos anteriores, éste no controla variables ambientales como la presencia de luz, la temperatura, la ingesta de alimento o la actividad física. Sin embargo, resulta factible su empleo cuando se quiere evaluar las variaciones diurnas de las personas en su entorno natural y cuando las condiciones de laboratorio no son factibles (Blake, 1967; Blatter y Cajochen, 2007; Valdez, Ramírez y García, 2014).

A continuación, se revisarán algunos estudios que han empleado los protocolos mencionados y la información que han reportado respecto de las variaciones circadianas y diurnas de la atención.

2.3.1. Variaciones circadianas y diurnas de la atención sostenida y la atención selectiva

Quizá el primero de los estudios sobre las variaciones de la cognición fue el de Kleitman y Jackson (1950), ellos evaluaron la temperatura corporal y la eficiencia al nombrar el color de tarjetas de colores que se presentaban una tras otra, encontraron que la acrofase del porcentaje de respuestas correctas estaba entre las 16 y 20 h y su batifase a las 5 h y había una concordancia con los niveles de temperatura de manera invertida, es decir, que la acrofase de la eficiencia se relacionó con la batifase de la temperatura. Posteriormente, en una PVT auditiva, bajo un PMD, donde se presentaba un sonido y los sujetos debían presionar un

botón cuando lo escucharan, se encontró la mejor ejecución a las 21 h y la peor a las 8 h (Blake, 1967). Al ser ambas tareas simples y basadas en la respuesta ante un estímulo que se presentaba por cierto tiempo, de manera constante, se podría decir que son las primeras evidencias de las variaciones de la atención sostenida a lo largo del día.

Al evaluar la inhibición de información, capacidad relacionada con la atención selectiva, en un PRC con una tarea Stroop, se encontró que tiene un patrón de variación circadiana relacionado con los niveles de la temperatura rectal. El tiempo de reacción y el número de errores aumentan conforme disminuye la temperatura (Ramírez, García y Valdez, 2012).

Por otro lado, se realizó una CPT donde se evaluó la existencia de patrones circadianos de la atención sostenida y la atención selectiva en un PRC. La tarea consistió en la presentación de números al centro de la pantalla y los participantes debían responder, mediante una caja de respuestas, si se presentaba cualquier número a excepción del “9”, un “9” o un “4” después de un “9”. Las respuestas dadas ante la presencia del “9” se contaban para evaluar la atención selectiva y la ejecución en toda la tarea evaluó la atención sostenida. Se observó un patrón circadiano en la atención selectiva, pero no en la atención sostenida. Hubo un incremento en las respuestas correctas y disminuyeron los tiempos de reacción a partir de las 16:00 hasta las 23:00 h, reduciendo la eficiencia en la atención selectiva hacia la madrugada entre las 2:00 y 7:00 h (Valdez et al., 2005). Posteriormente, se reportó que, con la misma tarea de CPT en un PRC, la atención sostenida sigue

un patrón circadiano. Se observó que la eficiencia en CPT aumentó conforme el día hasta las 22:00 y 24:00 h y disminuyó hacia la madrugada entre las 4:00 y 7:00 h. Estos datos se relacionaron con los niveles de temperatura rectal, la eficiencia en la tarea disminuyó paralelamente con la disminución en la temperatura (Valdez-Ramírez et al., 2009). Estos datos describen un aumento de la eficiencia de la atención sostenida y selectiva a lo largo del día a partir de las 7 h y hasta las 24 h. Además, se tiene registro que en memoria a corto plazo se presenta un súbito decremento en la eficiencia entre las 11 y las 14 h (Folkard y Monk, 1980), sin embargo, se desconoce si esta mejora en la eficiencia ocurre también en atención selectiva y en atención sostenida. Como se ha mencionado, se sabe que la atención es un proceso cognitivo que permea la relación entre el medio externo y otros procesos cognitivos como la memoria; este resultado nos podría indicar de manera indirecta que la eficiencia de la atención podría tener un cambio entre las 11 y las 14 h. Adicionalmente, el grupo de investigación de Valdez replicó la información anterior, es decir, la atención sostenida obedece a ritmos circadianos, sin embargo, encontró datos contradictorios, reportando que la atención selectiva no sigue este patrón (Valdez et al., 2010).

Con lo anterior, se observa que tanto en PRC y PMD se observan variaciones en la atención sostenida a lo largo del día, sin embargo, los resultados para la atención selectiva resultan contradictorios. Adicionalmente, los resultados descritos deben tomarse con reserva. En primer lugar, porque las muestras de las investigaciones que emplearon la CPT sólo incluyen mujeres, dejando sin considerar a la población masculina, tomando en cuenta que anteriormente se

describió la diferencia en la eficiencia de la atención en función del sexo; en segundo lugar, la CPT no es la tarea cognitiva más eficiente para evaluar la atención sostenida, debido a que los sujetos no sólo mantienen la atención si no resuelven el conflicto que se presenta al discriminar los estímulos presentados para emitir una respuesta según la instrucción, dando cabida a la interferencia de la capacidad de memoria de trabajo, por ejemplo, al mantener la instrucción de respuesta de un “4” después de un “9”; y, tercero, el PRC no aporta información acerca del comportamiento de los ritmos en el humano en condiciones normales o relacionadas a su vida cotidiana.

Considerando lo anterior, el presente estudio busca evaluar la atención sostenida y la atención selectiva en un protocolo de registro en momentos específicos del día.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La atención es una función cognitiva que lleva a cabo la selección, priorización y supervisión de la información del medio externo hacia el interno, siendo así una función imprescindible para realizar adecuadamente otros procesos, tales como la percepción, el lenguaje o la memoria. Se ha reportado que la eficiencia en la atención sostenida se ve afectada por variaciones circadianas, con la eficiencia más baja entre las 4:00 y 7:00 h, aumentando hacia las 20:00 y 24:00 h; sin embargo, estos datos aún resultan inconclusos respecto de la atención selectiva, debido a que hallazgos de la variación circadiana de ésta no se replican. Esta investigación dará cuenta del efecto de las variaciones diurnas sobre la eficiencia de la atención sostenida y la atención selectiva mediante un diseño exploratorio cuasi-experimental donde se comparará la ejecución conductual de los participantes que asistan a la sesión experimental a las 8:00 h, las 12:00 h y las 19:00 h en la eficiencia de la atención sostenida y la atención selectiva, con la Tarea de Vigilancia Psicomotora y la Tarea de Flanqueo de Eriksen, respectivamente.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la eficiencia de la atención, sostenida y selectiva, en función de tres momentos del día?

5. OBJETIVO

Identificar si la eficiencia de la atención sostenida y la atención selectiva difiere en función del momento del día.

6. HIPÓTESIS

La eficiencia de la atención sostenida y la atención selectiva es menor por la mañana, misma que incrementa hacia la noche.

7. MÉTODO

7.1. Participantes

Los sujetos fueron reclutados mediante un muestreo por conveniencia. Se asignaron semi-aleatoriamente formando tres grupos independientes, balanceando los factores sexo y cronotipo. Participaron de manera voluntaria 60 jóvenes mexicanos sanos (30 mujeres y 30 hombres); 20 participantes (10 mujeres) asistieron a la sesión de las 8:00 h, 20 (10 mujeres) a las 12:00 h y 20 (10 mujeres) a las 19:00 h.

Todos los participantes firmaron una Carta de Consentimiento Informado, la cual es un documento en donde se explica a los participantes la justificación, el objetivo, los beneficios, el procedimiento y los riesgos asociados al estudio. Se explica que la decisión de participar es completamente voluntaria y puede retirarse en el momento que lo desee sin consecuencia alguna. Se expresa que sus datos serán confidenciales y únicamente empleados para fines de la investigación. Esta carta fue sometida y aprobada por la Comisión de Investigación y Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

7.1.1. *Criterios de inclusión*

Fueron incluidos los participantes que tuvieron entre 20 y 30 años, que no se encontraban consumiendo algún medicamento que afectara el sistema nervioso central al momento de la sesión y visión normal o corregida (evaluado con el cuestionario de datos generales); todos tuvieron lateralidad diestra (evaluado con el inventario de Edimburgo); sin consumo de alguna droga ilícita ni esteroides en un periodo previo al estudio de 12 meses, no tener trastorno por abuso de la sustancia consumida; se incluyó a los participantes que no hubieron consumido alcohol, sustancias naturistas o bebidas energizantes en un periodo previo al estudio de 24 h; que no presentaran trastorno por abuso de sustancias (nicotina y alcohol; evaluado con el cuestionario de uso de sustancias); que no se presentara enfermedad neurológica o psiquiátrica en el participante o en algún familiar en línea directa (padres, hermanos o hijos; evaluado con el cuestionario de antecedentes neurológicos o psiquiátricos); no presentar sintomatología severa asociada a depresión o ansiedad (evaluado con inventario de depresión y ansiedad de Beck, respectivamente); y tener un coeficiente intelectual normal respecto a su edad (evaluado con la escala breve de inteligencia Shipley-2). Los criterios de inclusión mencionados fueron tomados en cuenta con el fin de que las características entre los grupos fueran homogéneas.

7.2. Materiales

7.2.1. *Aparatos*

Se utilizó una computadora con el software E-Prime V.1.2 (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA) para el control de la presentación de las tareas y el

registro conductual de las respuestas de los sujetos. Los participantes respondieron a través de dos opciones de respuesta con dos cajas de respuesta, una para cada mano, y las tareas se contrabalancearon entre los sujetos.

7.2.2. Instrumentos

7.2.2.1. *Cuestionario de Datos Generales*

Este cuestionario permite la adquisición de datos generales de los participantes, tales como: nombre completo, edad, teléfono, domicilio, escolaridad en años, la presencia de alguna enfermedad y consumo de medicamentos al momento del estudio.

7.2.2.2. *Cuestionario de Antecedentes Neurológicos y Psiquiátricos*

Este cuestionario permitió detectar si el sujeto ha sido diagnosticado con trastornos neurológicos y/o psiquiátricos, así como los antecedentes de los familiares directos. El cuestionario está basado en el Inventario MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (Folstein, Folstein y McHugh, 1975). Se preguntó al participante si él o alguno de sus familiares en línea directa (padres, hermanos o hijos) han sido diagnosticados con depresión, trastorno bipolar, episodio maniaco, trastorno de ansiedad (trastorno de ansiedad generalizada, fobia específica o fobia social), trastorno de estrés postraumático, trastorno obsesivo compulsivo y/o trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Los sujetos fueron excluidos si fueron diagnosticados con alguno de estos trastornos en los últimos 12 meses. Además, se preguntará si han presentado epilepsia, traumatismo craneoencefálico con pérdida de conciencia de 30 min o más y/o narcolepsia. Si los sujetos fueron

diagnosticados con éstos trastornos serán excluidos. También, se preguntó si han presentado trastorno autista, trastorno de Asperger, trastorno de Tourette, Esquizofrenia, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Huntington y/o enfermedad de Alzheimer. Los sujetos fueron excluidos si ellos o un familiar directo han sido diagnosticados con algún trastorno o enfermedad de las mencionadas.

7.2.2.3. Cuestionario de Uso de Sustancias

Este cuestionario permitió detectar si el sujeto consumía o había consumido alguna sustancia psicoactiva (i.e., cafeína, tabaco, alcohol, marihuana, narcóticos, alucinógenos, tranquilizantes, esteroides, sustancias naturistas, bebidas energizantes o alguna otra sustancia psicotrópica) a lo largo de su vida. Este cuestionario está basado en el Inventario MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (Folstein, Folstein y McHugh, 1975). Si el sujeto había consumido alguna sustancia más de doce veces en un periodo de doce meses, se aplicó un cuestionario para detectar la presencia o ausencia de trastorno por abuso de sustancias. Fueron excluidas las personas que habían consumido estimulantes, cocaína o inhalantes al menos una vez en su vida; las personas que consumieron marihuana, narcóticos, alucinógenos, tranquilizantes o esteroides en los últimos 12 meses y presentaron trastorno por abuso de la sustancia en su consumo previo a los 12 meses antes de la sesión; las personas que habían consumido alcohol, sustancias naturistas o bebidas energizantes 24 h previas a la sesión; y las personas que presentaron trastorno de abuso de sustancias de alcohol y/o tabaco de acuerdo al Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos mentales – V

(DSM-V; APA, 2013). El consumo de cafeína o el trastorno por abuso de la misma no fueron criterio de inclusión o exclusión.

7.2.2.4. *Inventario de Edimburgo*

Este inventario evaluó la lateralidad de un sujeto, clasificándolo como diestro, ambidiestro o zurdo. Constó de 12 preguntas acerca del uso preferente de las manos y otras partes del cuerpo para realizar determinadas actividades. Los puntajes obtenidos van de -100 a +100. El puntaje de -100 a -40 indica una lateralidad zurda; de -39 a +39 indica una ambidiestra; y de +40 a +100 indica una diestra. Únicamente fueron incluidos los participantes que tuvieron un puntaje mayor o igual a +40 (Oldfield,1971).

7.2.2.5. *Inventario de Depresión de Beck*

Es un instrumento autoaplicable de lápiz y papel con 21 reactivos. El conjunto de reactivos evaluó síntomas asociados a la depresión tales como: ánimo, pesimismo, sensación de fracaso, insatisfacción, sentimientos de culpa, sentimientos de castigo, ideación suicida, llanto, autoaceptación, autoacusación, irritabilidad, aislamiento, indecisión, apetito, pérdida de peso, preocupación somática y pérdida del interés sexual. El sujeto debía responder cada uno de los reactivos con base en cómo se había sentido en la última semana, incluyendo el día de la aplicación. A cada reactivo se respondía con una escala de cuatro valores que va de 0 (ausencia del síntoma) hasta 3 (máxima severidad). Se sumó el puntaje de cada reactivo para obtener un total de hasta 63 puntos; se estableció un nivel de sintomatología asociada a depresión con base en el puntaje: 0-9, no depresión; 10-

16, depresión leve; 17-29, depresión moderada; y de 30 a 63, depresión grave. Los participantes que obtuvieron un puntaje mayor o igual a 30, que indica depresión severa, fueron excluidos de la investigación. Se usó la versión adaptada y validada para población mexicana (Jurado et al., 1998).

7.2.2.6. Inventario de Ansiedad de Beck

Es un inventario autoaplicable de lápiz y papel con 21 reactivos que evaluaron la intensidad de síntomas asociados a ansiedad tales como: parestesias, calor, dificultad para relajarse, terror, sensación de ahogo, miedo a morir e indigestión. El sujeto debía de responder con qué frecuencia en la última semana, incluyendo el día de la aplicación, dichos síntomas se presentaron. La frecuencia va de “poco o nada”, que equivale a 0 puntos, “más o menos” a 1, “moderadamente” a 2 y “severamente” a 3. Se sumó el puntaje de cada reactivo para obtener un total de hasta 63 puntos; se estableció un nivel de intensidad de sintomatología asociada a ansiedad con base en el puntaje: 0-5, ansiedad mínima; 6-15, ansiedad leve; 16-30, ansiedad moderada; y de 31 a 63, ansiedad severa. Los participantes que obtuvieron un puntaje mayor o igual a 31, equivalente a ansiedad severa, fueron excluidos de la investigación. Se usó la versión adaptada y validada para población mexicana (Robles, Varela, Jurado, y Páez, 2001).

7.2.2.7. Escala breve de inteligencia Shipley-2

Es un instrumento autoaplicable de lápiz y papel que evaluó de manera breve y eficaz la inteligencia en niños, adolescentes y adultos, mediante la evaluación de dos tipos de inteligencia: inteligencia fluida e inteligencia cristalizada. Evaluó la

inteligencia cristalizada con una escala de vocabulario, esta escala consta de 40 reactivos en los cuales el sujeto debía elegir una palabra de las cuatro posibles que tuviese el mismo significado que la palabra muestra; y la inteligencia fluida con la escala de abstracción (esta subprueba es de tipo verbal), la cual constó de 25 reactivos en los cuales el sujeto debe de completar con una letra, número o palabra una serie de secuencias, o de bloques (esta subprueba es de tipo no verbal), donde al sujeto se le presentaron una serie de pares de imágenes, una completa y otra incompleta, y tenía que elegir, en las opciones de respuesta, cuáles completaban adecuadamente la figura incompleta. Se puede aplicar la combinación A (vocabulario y abstracción) o la combinación B (vocabulario y bloques); para esta investigación se usó la combinación A, ya que la combinación B se usa en caso de que la persona sea analfabeta. La inteligencia general se evaluó mediante la suma de las puntuaciones estándar obtenidas de la medición de la inteligencia fluida y cristalizada. Se incluyeron en la muestra a los participantes que obtuvieron una puntuación estándar de 90 o más, es decir, que tienen un coeficiente intelectual promedio o mayor respecto de su edad (Shipley, Gruber, Martin y Klein, 2014).

7.2.2.8. *Cuestionario de Matutinidad-Vespertinidad de Horne y Östberg*

Este cuestionario permitió evaluar el índice de matutinidad-vespertinidad (cronotipo) de una persona de acuerdo al momento del día en el que prefiere realizar sus actividades. Consta de cinco preguntas, tres de ellas se respondieron marcando con una "x" sobre una escala que contiene las horas del día, se obtienen hasta cinco puntos; las dos restantes se respondieron en una escala tipo Likert con cuatro opciones de respuesta, en una de las preguntas se obtienen hasta cuatro puntos y

en la otra hasta seis. El sujeto debía elegir la respuesta con la que más se identificó. Se suma el puntaje de cada pregunta para obtener un total de hasta 25 puntos; se establece un cronotipo Claramente Matutino (CM, de 22 a 25 pts.), Mayormente Matutino (MM, de 18 a 21 pts.), Indiferenciado (NT, de 12 a 17 pts.), Mayormente Vespertino (MV, de 8 a 11 pts.) o uno Claramente Vespertino (CV, de 4 a 7 pts.). Se usó la versión reducida, adaptada y validada para la población española (Adan y Almirall, 1990), debido a que en México no está estandarizada. Se balanceó la frecuencia de personas de cronotipo matutino (suma de CM con MM), vespertino (suma de MV con CV) e indeterminado entre los grupos.

7.2.2.9. Escala de somnolencia de Epworth

Es una escala autoaplicable que evaluó la propensión del individuo a quedarse dormido en ocho situaciones. Consta de ocho reactivos donde el sujeto debía responder qué tanto se había quedado dormido una semana previa a la sesión en la situación que se le presentó, en una escala de 0-3, donde 0 significa nunca y 3 casi siempre. Se suma el puntaje de cada pregunta para obtener un total de hasta 24 puntos; una puntuación menor de 10 se considera normal, de 10 a 12 como somnolencia marginal y mayor a 12 sugiere somnolencia excesiva (Sandoval-Rincón, Alcalá-Lazcano, Herrera-Jiménez y Jiménez-Genchi, 2013). La información se tomó en cuenta como una medida de control.

7.2.2.10. Escala Subjetiva de Alerta-Fatiga

Es una escala visual analógica autoaplicable que evaluó la sensación subjetiva de alertamiento. Está conformada por una escala de diez valores que van de “Alerta”

(1) a “Fatigado” (10). Esta escala se aplicó antes y después de la realización de las tareas computarizadas. La información se tomó en cuenta como una medida de control.

7.2.2.11. Escala Subjetiva de Relajación-Estrés

Es una escala visual analógica autoaplicable que evaluó la sensación subjetiva de estrés. Está conformada por una escala de diez valores que van de “Muy relajado” (1) a “Muy estresado” (10). Esta escala se aplicó antes y después de la realización de las tareas computarizadas. La información se tomó en cuenta como una medida de control.

7.2.2.12. Total de horas dormidas y sensación de descanso al levantarse

Tomado del Diario de Sueño de la Asociación Americana de Sueño, se preguntó a los sujetos la hora en que se durmieron la noche previa a la sesión experimental, así como la hora en la que despertaron en el día correspondiente a ésta. De esta manera, se obtuvo el total de horas dormidas. También se les preguntó sobre las horas que habitualmente tuvieran de sueño en la última semana. Además, se evaluó la sensación subjetiva de descanso al levantarse; el sujeto respondió cómo se sentía al levantarse en una escala tipo Likert que va de “Descansado”, que equivale a 0, “Algo cansado”, a 1, y “Fatigado”, a 2. Esta información se tomó en cuenta como una medida de control entre los grupos.

7.3. Tareas Experimentales

Cada participante fue evaluado en tareas que evalúan atención de manera contrabalanceada: la Tarea de Vigilancia Psicomotora, que evalúa la vigilancia de la atención sostenida, y la Tarea de Flanqueo de Eriksen, que evalúa la atención selectiva. A continuación, se describirán ambas tareas.

7.3.1. Tarea de Vigilancia Psicomotora (Dinges y Powell, 1985)

Esta tarea evalúa la vigilancia de la atención sostenida y consistió en la presentación de 90 ensayos, con una duración total de 10 min. En cada ensayo se presentó una pantalla sin estimulación (intervalo entre estímulos entre 2 y 10 segundos) y después un círculo al centro de la pantalla, que duró hasta que el sujeto emitiera su respuesta o hasta 65 s; debido a que mientras más se tarde el sujeto en responder, éste refleja menor eficiencia en la atención sostenida. Los sujetos debían de presionar un botón en cuanto detectaran el círculo. Las respuestas de la mano izquierda y derecha se contrabalancearon entre participantes. En la *Figura 2* se presenta el ejemplo de un ensayo.

Se registraron los tiempos de reacción y las respuestas correctas. Se consideraron válidos los tiempos de reacción ≥ 100 ms; se tomaron como falsa alarma (error por comisión) los tiempos de reacción < 100 ms; los lapsos (errores por omisión) son considerados ≥ 500 ms. Esto permitió evaluar la capacidad de vigilancia en los sujetos (Basner y Dinges, 2011).

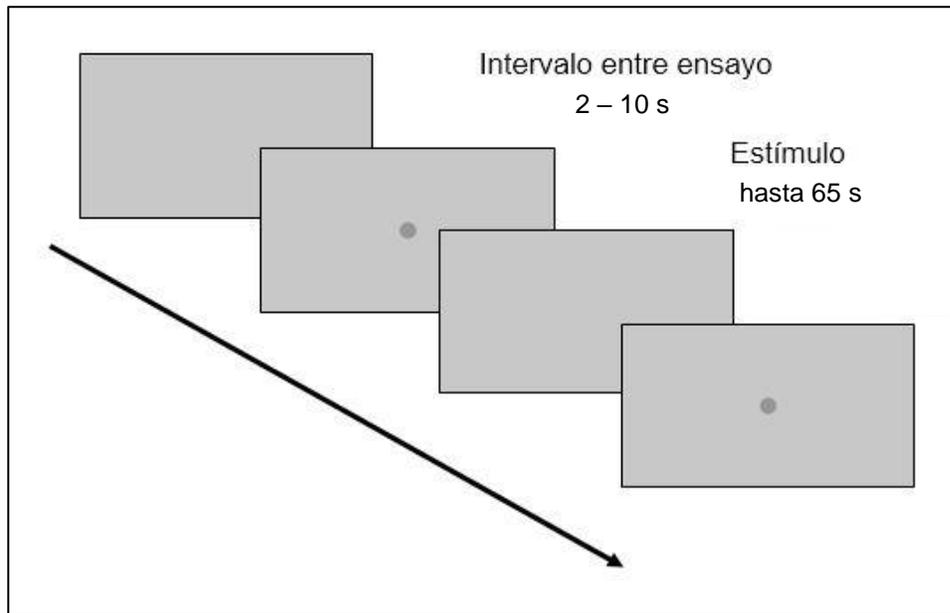


Figura 2. Tarea de Vigilancia Psicomotora (PVT). La tarea consiste en 90 ensayos consecutivos, cada uno comienza con una pantalla sin estimulación (2-10 s), correspondiente al intervalo entre ensayos, después se presenta un círculo al centro de la pantalla, al cual debía de responder el sujeto en cuanto lo detectara; si el sujeto no presionaba después de 65 s el ensayo vuelve a comenzar.

7.3.2. Tarea de Eriksen (Eriksen y Eriksen, 1974)

Esta tarea evalúa atención selectiva, en ella se presentaron letras “H” y “S” y números “5” y “4” de color gris oscuro (RGB 150,150,150; por las siglas en inglés Red, Green y Blue) sobre un fondo gris claro (RGB 200,200,200), con el fin de evitar la generación de postimágenes. La estructura de la tarea comprende dos tipos de ensayos (congruente e incongruente) y dos tipos de complejidad (baja y alta). En los ensayos congruentes las letras o números fueron iguales (e. g., “HHHHHHH” o “4444444”), los ensayos incongruentes fueron integrados por letras y/o números diferentes (e. g., “HHHSHHH” o “444H444”). La complejidad baja consideró los ensayos en que la fila está integrada por letras o números diferentes (e. g., “SSSHSSS” o “4445444”) y la complejidad alta correspondió a ensayos integrados

por letras y números semejantes en morfología (e. g., “5” y “S” o “H” y “4”). Los ensayos se presentaron en cuatro bloques de 60 ensayos cada uno, cada bloque estuvo constituido por 30 ensayos congruentes y 30 incongruentes. En total se presentaron 240 ensayos.

Los participantes debían de presionar un botón izquierdo o derecho, según la instrucción, en cuanto detectaran la letra o número presentado al centro de la pantalla, es decir, al centro del arreglo de números y letras. En la *Figura 3* se describió la estructura de un ensayo.

Las respuestas de la mano izquierda y derecha se contrabalancearon entre participantes. Se registraron los tiempos de reacción y el número de respuestas correctas. El porcentaje de respuestas correctas se obtuvo de la resta de ensayos congruentes menos ensayos de baja complejidad y la resta de ensayos congruentes menos ensayos de alta complejidad; en el caso de los tiempos de reacción se restaron los ensayos de baja o alta complejidad menos los ensayos congruentes.

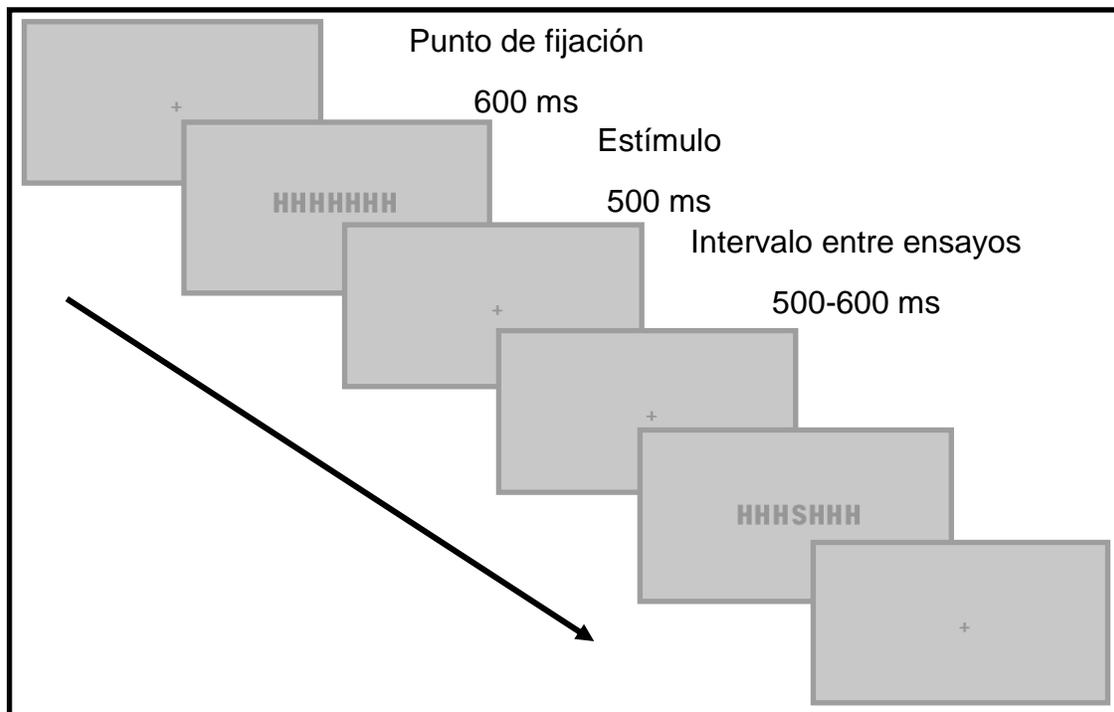


Figura 3. Tarea de Flanqueo de Eriksen (EFT). La tarea consiste en 240 ensayos, cada uno comienza con una cruz como punto de fijación (600 ms), seguido por un arreglo de siete letras y/o números dispuestos horizontalmente (500 ms) y terminó con una cruz como punto de fijación (intervalo entre ensayos; 500-600 ms). El sujeto debía emitir su respuesta en cuanto detectara el estímulo presentado al centro del arreglo de letras y/o números.

7.4. Procedimiento

Inicialmente, los participantes fueron reclutados a través de invitaciones personales, volantes y redes sociales. Para agendar una sesión experimental, se realizó una llamada telefónica a los sujetos; en ella se les realizaron preguntas para discriminar si eran candidatos o no a participar, se les preguntó su edad, lateralidad, último grado de estudios, si en ese momento presentaban alguna condición médica, psicológica o psiquiátrica, y sobre su historia de consumo de sustancias psicoactivas. Al final se acordó una cita en alguno de los tres horarios para llevar a cabo la sesión experimental.

En la sesión experimental, a cada sujeto se le realizó una entrevista y luego las tareas experimentales. A continuación, se describe cada parte del proceso:

Al comienzo, el participante leyó la Carta de Consentimiento Informado, en la que se describe el objetivo del estudio, los procedimientos y en qué consistía su participación; se aclaró que la misma era completamente voluntaria y que podía retirarse si así lo deseaba sin consecuencia alguna. Se preguntó si tenía dudas y, de ser el caso, se le resolvieron, así mismo, se procedió a firmar la Carta, para dar paso a la entrevista. Después, se aplicaron los instrumentos mencionados en el apartado 5.3. Se preguntaron sus datos generales y se aplicó el Cuestionario de Antecedentes Neurológicos y Psiquiátricos, el Inventario de Edimburgo, el Cuestionario de Uso de Sustancias, el Inventario de Depresión de Beck, el Inventario de Ansiedad de Beck y el Total de horas dormidas y sensación de descanso al levantarse. Esta fase tomó 30 min. Si el participante cumplía los criterios de inclusión al estudio, se comenzaron las tareas cognitivas computarizadas.

Se acomodó al sujeto de manera cómoda frente a la computadora a un metro de distancia. Antes de comenzar las tareas computarizadas, se tomó la temperatura oral, indicando que debía colocar un termómetro debajo de su lengua, y después se aplicaron las Escalas Subjetivas de Alerta-Fatiga y de Relajación-Estrés. Acabado esto se procedió a la realización de las tareas computarizadas, que se contrabalancearon entre sujetos, es decir, la mitad de los participantes comenzaron primero la Tarea de Flanqueo de Eriksen y la mitad comenzaron con la Tarea de Vigilancia Psicomotora. La adquisición de las respuestas conductuales durante las

tareas se hizo mediante E-Prime V.1.2, que controló el tiempo del experimento y registró las respuestas. Al final se volvió a tomar la temperatura oral y las escalas mencionadas. Esta fase tomó 30 min.

Para finalizar la sesión se aplicó la combinación A de la Escala breve de inteligencia Shipley-2 y el Cuestionario de Matutinidad-Vespertinidad de Horne y Östberg. Esta fase tomó 30 min. La duración total de la sesión fue de 90 min.

7.5. Análisis de datos

Para evaluar las variables demográficas y sus diferencias entre los grupos, se empleó la prueba Kruskal-Wallis para las siguientes variables: lateralidad, sintomatología asociada a la depresión y ansiedad, cronotipo, somnolencia diurna y el reporte subjetivo de alertamiento y estrés al inicio y final de la sesión experimental; y análisis de varianza (ANOVA) de una vía para las siguientes variables: edad, escolaridad en años, índice de masa corporal, coeficiente de inteligencia, hora de despertar el día de la sesión, horas de sueño dormidas una noche antes de la sesión experimental, el promedio de horas habituales de sueño diarias en la semana previa a la sesión y la temperatura oral al inicio y final de la sesión experimental.

Para evaluar los datos de las tareas experimentales entre los grupos, se llevó a cabo un análisis de covarianza (ANCOVA) mixto, la variable independiente contempló el momento del día (8:00, 12:00 y 19:00 h) y la variable dependiente el tipo de ensayo (congruente <cog>, incongruente baja <incb> e incongruente alta

<inca>) en la Tarea de Eriksen para el porcentaje de respuesta correcta (%RC) y el TR, y un índice de interferencia entre los ensayos congruentes e incongruentes (baja y alta) para el %RC (resta de cog menos incb y de inca) y los TR (resta de incb e inca menos cog), y la variable de covarianza las horas de sueño dormidas.

Por otro lado, para la PVT se empleó un ANCOVA de una vía, tomando como variable independiente el momento del día y la variable dependiente los errores por omisión (lapsos, considerando las respuestas iguales o mayores a 500 ms) y un puntaje de ejecución (medido con la siguiente fórmula: $1 - ((n \text{ de lapsos} + n \text{ de falsas alarmas} <\text{respuestas con TR menos a 100 ms}>) / n \text{ de estímulos válidos} <\text{incluidas las falsas alarmas}>$; Basner y Dingus, 2011), y la variable de covarianza fue las horas de sueño dormidas.

Se empleó la prueba de *Tukey Honest Significant Difference* como prueba *post hoc*. Los resultados se consideraron significativos con $p < 0.05$.

8. RESULTADOS

8.1. Características de la muestra

En la tabla 1 se muestra la descripción de diferentes variables demográficas y características psicológicas de la muestra en función del grupo.

Las variables hora de despertar y horas de sueño por la noche previa a la sesión experimental resultaron estadísticamente diferentes entre los grupos. El grupo de 8 h fue el que más temprano se levantó y menos durmió comparado con los otros dos grupos; no se observaron diferencias entre estos últimos. Con base en este resultado, se realizó un Análisis de Covarianza (ANCOVA) para los datos de eficiencia en las tareas de atención sostenida y selectiva.

Tabla 1. Características demográficas de la muestra.

	Total	Turnos			Prueba Estadística	p
		8 h	12 h	19 h		
N	60	20	20	20		
Sexo (Hombre/Mujer)	60	10/10	10/10	10/10		
Edad (Años) ^a	22.10±1.8	21.80±0.39	21.95±0.39	22.60±0.39	F(2,57)=1.2	0.31
Índice de masa corporal (IMC) ^a	24±4.3	24.55±0.96	24.7±0.96	23±0.96	F(2,57)=0.96	0.39
Escolaridad (Años) ^a	15.60±1.2	15.63±0.27	15.27±0.27	15.90±0.27	F(2,57)=1.4	0.30
Inventario de Edimburgo ^b	90 (40-100)	90(75-100)	83(58-100)	91(40-100)	H(2,N=60)=3.4	0.18
Inventario de Ansiedad de Beck ^b	4(0-25)	4(0-16)	5(0-9)	4(0-25)	H(2,N=60)=0.4	0.80
Inventario de Depresión de Beck ^b	5(0-15)	4(0-14)	6(0-13)	5(0-15)	H(2,N=60)=1.4	0.50
Cuestionario de matutinidad- vespertinidad Horne y Östberg ^b	2(1-3)	2(1-3)	2(1-3)	2(1-3)	H(2,N=60)=0.3	0.87
Shipley-2 (Puntuación estándar) ^a	112±7	113.35±1.52	111.40±1.52	110.85±1.52	F(2,57)=0.7	0.50
Escala de somnolencia diurna Epworth ^b	4(0-18)	3(0-12)	3.5(0-18)	4(0-14)	H(2,N=60)=2.6	0.27
Hora de despertar (h)^a	6.65±1.49	5.23±0.25*	7.52±0.25	7.18±0.25	F(2,57)=23.85	<0.001
Horas de sueño (h)^a	6.61±1.7	5.64±0.3*	7.06±0.3	6.93±0.3	F(2,57)=12.4	<0.001
Horas de sueño habituales (h) ^a	6.20±1.1	6.25±0.26	6.23±0.26	6.12±0.26	F(2,57)=0.1	0.93
Temperatura al inicio de la sesión (C°) ^a	36.60±0.4	36.46±0.09	36.57±0.09	36.70±0.09	F(2,57)=1.7	0.20
Temperatura al término de la sesión (C°) ^a	36.60±0.3	36.53±0.07	36.65±0.07	36.60±0.07	F(2,57)=0.7	0.50
Estrés al inicio de la sesión ^b	2.6(0-8)	2(0-7.8)	2(0-6)	2.6(0-8)	H(2,N=60)=1.5	0.48
Estrés al término de la sesión ^b	3(0-7.5)	3(0-6)	2.5(0-7)	3.25(0-7.5)	H(2,N=60)=1.9	0.38
Alerta al inicio de la sesión ^b	3.5(0-9)	3(0-9)	4(0.9-6)	3.5(0.8-8)	H(2,N=60)=1.2	0.54
Alerta al término de la sesión ^b	4(0-9)	4(0-9)	4(1-7)	4.3(1-8.1)	H(2,N=60)=2.9	0.24

^a Media ± Desviación estándar (DE); ^bMediana(Rango).

8.2. Ejecución en la tarea de vigilancia psicomotora

Para evaluar la ejecución en la tarea se analizaron los lapsos y el puntaje de ejecución, descritos en el apartado 5.6. No se observaron diferencias estadísticas en los lapsos en función del momento del día (8, 12 y 19 h; $p=0.74$). Por otro lado, tampoco se encontraron diferencias estadísticas en el puntaje de eficiencia ($p=0.81$).

8.3. Ejecución en la tarea de Eriksen

8.3.1. %RC

Para evaluar la ejecución en la tarea se analizó el %RC. No se observaron diferencias estadísticas en función del momento del día (8, 12 y 19 h; $p=0.84$) ni en la interacción del momento del día y el tipo de ensayo (cog, incb e inca; $p=0.94$); pero sí en función del tipo de ensayo [$F(2,57) = 78.32$, $\eta_p^2=0.57$, $\alpha=1$ $p<0.001$ (ver Figura 4)].

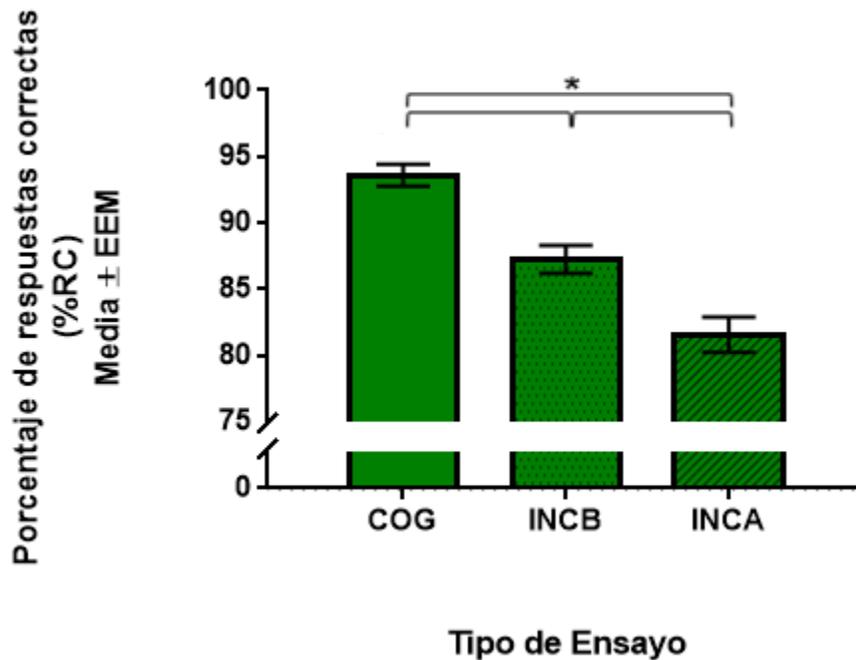


Figura 4. Porcentaje de respuestas correctas (%RC; Media \pm error estándar de la media <EEM>), en función del tipo de ensayo (COG <congruente>, círculo; INCB <incongruente baja>, cuadrado; e INCA <incongruente alta>, triángulo). $p < 0.001$.

8.3.2. TR

No se observaron diferencias estadísticas en función del momento del día ($p = 0.59$) ni interacción significativa entre el momento del día y el tipo de ensayo ($p = 0.66$); pero sí se encontraron diferencias significativas en función del tipo de ensayo [$F(2,57) = 164.5$, $\eta_p^2 = 0.74$, $\alpha = 1$, $p < 0.001$ (ver Figura 5)].

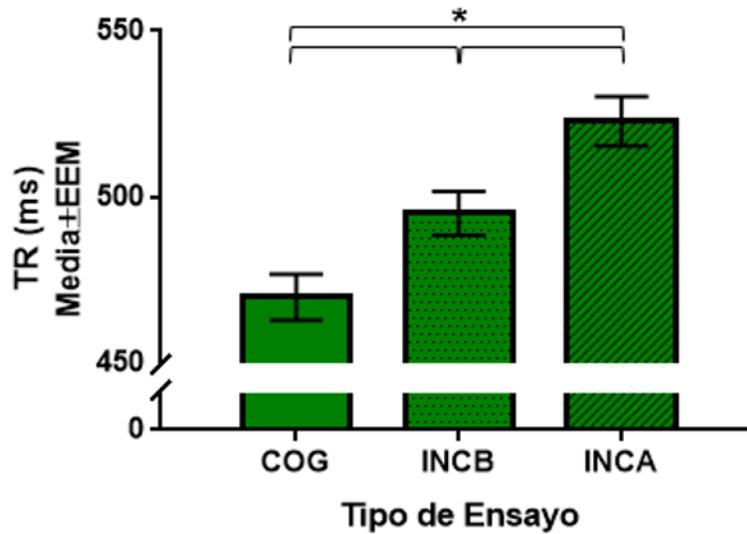


Figura 5. Media del tiempo de reacción (TR; Media \pm EEM) en milisegundos (ms), en función del tipo de ensayo (COG <congruente>, círculo; INCB <incongruente baja>, cuadrado; e INCA <incongruente alta>, triángulo). $p < 0.001$.

8.3.3. Índice de interferencia

Se calculó un índice de interferencia entre los estímulos congruentes e incongruentes (baja y alta). En este análisis, no se observaron diferencias estadísticas para el %RC ni para los TR en función del momento del día ($p = 0.71$; $p = 0.67$, respectivamente) ni en la interacción del momento del día y la dificultad ($p = 0.89$; $p = 0.44$, respectivamente); pero sí se encontraron diferencias estadísticas en función de la dificultad [$F(2,57) = 27.26$, $\eta_p^2 = 0.32$, $\alpha = 0.99$, $p < 0.001$] para el %RC (ver Figura 6), aunque no para los TR ($p = 0.61$).

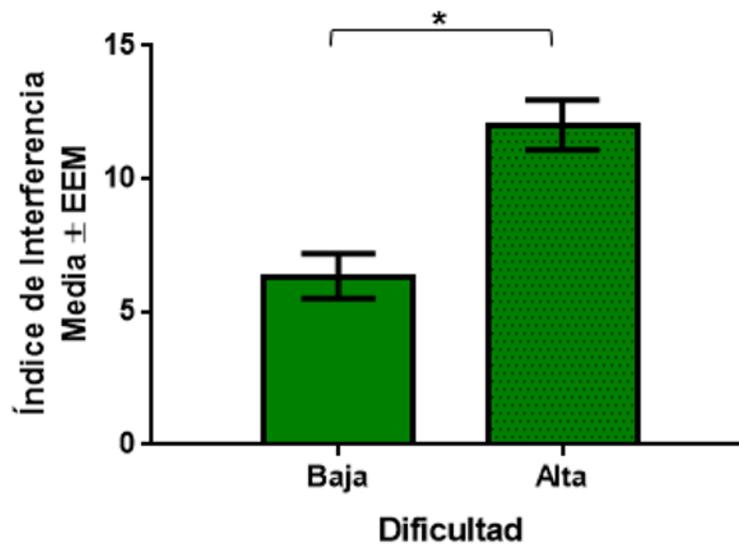


Figura 6. Media del índice de interferencia (Media \pm EEM), en función de la dificultad (baja <resta de cog menos incb> y alta <resta de cog menos inca>). Mientras menor sea el índice significa que hay menor interferencia y por lo tanto que existe menor dificultad. $p < 0.001$.

8.4. Análisis subsecuentes

Se realizó un análisis adicional para descartar que los resultados se pudiesen explicar por la fase hormonal de las mujeres, esto debido a que en una revisión se describió que la eficiencia en la ejecución de tareas cognitivas (i.e., memoria, atención y capacidad visoespacial) es diferente en las fases hormonales (Toffoletto, Lanzenberg, Gingnell, Sundström-Poromaa y Comasco, 2017) y particularmente en la atención (Pletzer, Harris y Ortner, 2017; Thimm, Weis, Hausmann y Sturm, 2014). Así, se agrupó a las mujeres en una tabla de frecuencias en función de la fase hormonal y el momento del día en el que se encontraban (véase Tabla 2). Para poder agrupar a las mujeres, en la sesión experimental se les preguntaba la fecha

del primer día de la menstruación anterior y posterior a la sesión, así como la duración de la menstruación. Asumiendo normalidad del ciclo menstrual (considerando un ciclo de 28 días) de las mujeres, se agruparon en fase folicular (del día 1 al 13) y fase lútea (del día 15 al 28; Hornstein y Lynn, 2013). Sin embargo, la fase folicular se diferencia en dos subfases, menstruación o fase folicular temprana (de día 1 a 5) y fase folicular tardía (del día 6 al 13), en función de la cantidad de estradiol presente en suero sanguíneo, ya que se ha reportado que las concentraciones entre las subfases son distintas (i.e., Menstruación= 110 ± 59 pmol/l y fase folicular tardía= 324 ± 260 pmol/l; Thimm et al., 2014); asimismo se ha observado que la ejecución de la atención selectiva es diferente en estas fases (Thimm et al., 2014).

Tabla 2. Frecuencias de mujeres con base en la fase hormonal en función del momento del día.

Grupo	8 h	12 h	19 h	Total
Menstruación o Fase Folicular Temprana	2	4	3	9
Fase Folicular Tardía	5	3	5	13
Fase Lútea	3	3	2	8
Total	10	10	10	30

Posterior a la clasificación de las participantes con base en su ciclo menstrual, se llevó a cabo un análisis de χ^2 con corrección de Yates para determinar si la distribución de las frecuencias de la fase hormonal (menstruación o fase folicular temprana, fase folicular tardía y fase lútea) en función del momento del día era

diferente y esto pudiera afectar los resultados. No se encontraron diferencias estadísticas entre las frecuencias de la fase hormonal de las mujeres que participaron en función del momento del día ($p=0.82$).

Otro análisis adicional se realizó para descartar que los resultados pudieran deberse al consumo de cafeína y nicotina en un periodo de 24 h antes de la sesión experimental. Al respecto, se sabe que la cafeína influye en el ritmo circadiano, retrasando el ritmo de la melatonina cuando ésta se ingiere 3 h antes de la hora habitual de acostarse; efecto que tiene la mitad de magnitud en el retraso, comparado con la exposición de luz durante 3 h durante la noche (Burke et al., 2016). Además, se ha reportado que el consumo de cafeína puede mejorar la eficiencia en vigilancia y atención selectiva (McLellan, Caldwell y Lieberman, 2016; Hunt, Momjian y Wong, 2011). Por otro lado, respecto a la nicotina, se sabe que la farmacocinética de ésta tiene un patrón circadiano, encontrando mayores niveles de nicotina en sangre a las 11 h y menores entre las 18 y 3 h (Gries, PharmD, Benowitz y Verotta, 1996) y que la nicotina mejora la eficiencia en la atención (Waisman, Serebrisky y Castaldelli-Maia, 2016); características que en conjunto podrían explicar los resultados.

Todos los participantes consumieron alguna vez en su vida cafeína, menos uno, sin embargo, al realizar un análisis de χ^2 con corrección de Yates para determinar si la distribución de las frecuencias en el consumo de cafeína 24 h antes de la sesión experimental, no se encontraron diferencias estadísticas entre los que sí y los que no consumieron cafeína entre los grupos ($p=0.75$). Por otro lado, se realizó un

análisis de χ^2 con corrección de Yates para determinar si la distribución de las frecuencias en el consumo de nicotina alguna vez en la vida era diferente, se encontró que no hay diferencias en la cantidad de personas que han consumido y no lo han hecho, entre los grupos ($p=0.15$), además, sólo un participante consumió nicotina en las 24 h previas a la sesión.

Como se ha mencionado, se evaluó el cronotipo con el fin de balancear los tipos entre los grupos, debido a que ésta podría ser una variable que pudiera influir en los resultados. En la tabla 1 se observa que no hay diferencias estadísticas en el cronotipo entre los grupos, sin embargo, examinando las frecuencias de los tipos de cronotipo entre los grupos (véase Tabla 3), se puede observar que es mayor la presencia del cronotipo indeterminado, es decir, que al menos el 50% de las personas evaluadas no tienen una preferencia establecida para la realización de sus actividades, ésta es una característica de la edad de la muestra evaluada que se retomará en la discusión de esta tesis.

Tabla 3. Frecuencias de tipo de cronotipo en función del momento del día.

Grupo	8 h	12 h	19 h	Total
Matutino	5	5	5	15
Indeterminado	10	12	11	33
Vespertino	5	3	4	12
Total	20	20	20	60

9. DISCUSIÓN

Los resultados de esta tesis sugieren que la atención sostenida (evaluada a través de los lapsos, los errores de omisión y comisión) y la atención selectiva (evaluada mediante los tiempos de reacción y el porcentaje de respuestas correctas) no cambian en función de los tres momentos del día evaluados en esta tesis: 8, 12 y 19 h. Sin embargo, replicamos la diferencia provocada por la dificultad de la tarea (a través de la manipulación de la interferencia con ensayos congruentes e incongruentes) en la atención selectiva, como en estudios previos (Stoet, 2017; Donohue, Appelbaum, McKay y Woldorff, 2017). En ellos se ha observado que los participantes obtienen un mayor porcentaje de respuestas correctas y menores tiempos de reacción para los ensayos de menor dificultad en comparación con los de mayor dificultad. Con esto, se puede considerar que nuestros resultados fueron confiables al manipular la dificultad en la tarea de Eriksen para evaluar la capacidad de atención selectiva.

Cabe señalar que se controló entre los tres grupos medidos el efecto de potenciales factores de confusión. Por ejemplo, no se encontraron diferencias entre los grupos en: 1. la frecuencia de mujeres con base en la fase de su ciclo menstrual (ver tabla 2); 2. la frecuencia de consumo de cafeína y nicotina a lo largo de la vida; 3. la cantidad de consumo reportada, igualmente, de cafeína y nicotina, considerando 24 h previas a la sesión experimental; 4. entre sexos; 5. el índice de masa corporal; 6. la escolaridad; 7. la somnolencia diurna presente desde una semana previa a la sesión; y, tampoco, 8. las horas habituales de sueño durante la semana previa a la sesión (ver tabla 1). Se sabe que todas estas variables podrían interferir en los

resultados encontrados, sin embargo, se probó estadísticamente que estas variables no fueron diferentes entre los grupos. Además, aunque la cantidad de horas de sueño una noche previa a la sesión sí difirió entre los grupos, los sujetos del grupo de las 7 h durmieron alrededor de media hora menos que los sujetos de los otros dos grupos, esta variable tampoco explicó los resultados (dado la ausencia de efecto en el análisis de covarianza).

Como se mencionó en el apartado 2.2.1., son varios los componentes inmersos en el sistema cronobiológico de los seres vivos, en este caso del humano; componentes tales como el sincronizador, el oscilador, el ritmo biológico y, la relación entre éstos, la retroalimentación y el enmascaramiento (Golombek, 2007). Se quiso comprobar la existencia de variación diurna de la atención, con base en que los niveles de diferentes sistemas de neurotransmisión relacionados a la atención (i.e., 5-HT, DA, Glu y GABA; Sánchez, et al., 2008; Castañeda, et al., 2004) presentan ritmos circadianos; además, el cerebro presenta variaciones en la estructura y función de áreas relacionadas a la atención durante el día (Trefler, et al., 2016; Rosenberg, et al., 2014; Takeuchi, et al., 2015; Blautsik, et al., 2013; Zhu, et al., 2018). Estos datos sugieren que podrían existir ritmos endógenos que estarían influenciando la expresión de la atención. Por otro lado, se tiene evidencia de estudios de desincronización forzada y rutina constante que han reportado la variación circadiana de la atención (Ramírez, et al., 2012; Valdez, et al., 2005; 2010; Valdez-Ramirez, et al., 2009). Estos métodos tienen la fortaleza de controlar variables ambientales que podrían enmascarar (relación entre el sincronizador y el ritmo, donde no se afecta al reloj, por ejemplo, que la luz encendida por más tiempo

no modifique la temperatura corporal pero sí extienda el periodo de actividad-reposo) el ritmo de la atención. No obstante, estos métodos alteran el ciclo sueño-vigilia debido a que los sujetos deben mantenerse despiertos en horarios que normalmente descansan, por lo tanto, se encontraría un efecto de la presión del sueño sobre la atención (Blatter et al., 2006). En esa tesis se quiso evaluar el ritmo de la atención, pero desde una perspectiva ecológica, es decir, emulando de manera más cercana a la cotidianidad la demanda que tendría la capacidad de atención en el humano.

Considerando lo anterior, el hecho de no haber encontrado diferencias en la atención sostenida y selectiva en función del momento del día podría explicarse por dos posibilidades. La primera, por el efecto de potenciales estímulos sincronizadores que pudieron enmascarar el ritmo de los dos tipos de atención. La segunda posibilidad involucraría el efecto adaptativo de la atención de ser relativamente eficiente a lo largo del día. Es decir, el sistema atencional es tan fundamental para mantener en contacto al sujeto con su entorno que, probablemente, la atención no expresa un ritmo, dadas las demandas comunes. Los sujetos de la muestra evaluada tuvieron una eficiencia por encima del 85%, para la atención sostenida; y por encima del 80%, para la atención selectiva, siendo éste influenciado por la dificultad; lo que indica que la capacidad de atención sostenida y selectiva de los participantes es eficiente.

Cabe resaltar que esto pueda modificarse con la edad, por lo que se requieren otros estudios para poder evaluar el ritmo de la atención en función de la edad.

Sobre la posibilidad del efecto de los potenciales estímulos sincronizadores, a continuación se irá discutiendo cada uno de ellos. Varios estudios han relacionado los niveles de temperatura corporal con la eficiencia en la atención, encontrando la batifase de la temperatura con la acrofase de la eficiencia (Kleitman y Jackson, 1950; Blake, 1967; Valdez et al., 2005, Valdez-Ramírez et al., 2009; Valdez et al., 2010). En la presente tesis no se observaron diferencias en la temperatura oral entre los grupos, ni entre el comienzo y fin de las tareas cognitivas, hecho que resulta inesperado debido a que el ritmo circadiano de la temperatura está ampliamente descrito y esto podría deberse a la presencia de algún sincronizador enmascarado, por ejemplo, la temperatura ambiental del cuarto donde se realizaron las sesiones experimentales, sabiendo que la temperatura corporal puede disminuir los rangos normales si la temperatura ambiental es más fría (Guyton y Hall, 2011). Es decir, la temperatura ambiental pudo haber aumentado el rango de variación de la temperatura corporal de los individuos, sumado a las diferencias individuales de la temperatura corporal de cada participante, y enmascarar el ritmo, pero no eliminarlo. Sin embargo, las variaciones entre los grupos reportadas en esta tesis se encuentran alrededor de 0.1°C. Por otro lado, se ha reportado también que el ritmo de la temperatura oral se modifica en función del cronotipo (Kumar et al., 2001); esto es, la acrofase de la temperatura oral en personas vespertinas es alrededor de las 19h; mientras que, para las personas matutinas, es a las 14.5 h. Es posible que la falta de variación de temperatura en nuestro estudio se deba a la conformación heterogénea entre cronotipos intragrupos, y que se balanceó entre grupos. Con base en estas evidencias, se sugiere que para futuras investigaciones se considere la medición de las variables conductuales y fisiológicas (p.ej., temperatura oral,

cortisol) en diferentes momentos del día en el mismo sujeto, considerando también la temperatura ambiental y el cronotipo.

Por otro lado, se sabe que el cronotipo de los sujetos se relaciona con la eficiencia en tareas cognitivas y, por tal motivo, se balanceó la cantidad de personas con cronotipo vespertino, matutino e indeterminado entre los grupos. Se ha reportado que, evaluando las redes de la atención con la ANT en cuatro momentos del día (8, 12, 16 y 20 h), la eficiencia de personas con cronotipo matutino (3 sujetos) e indeterminado (33 sujetos) disminuye el alerta a las 16 y 20 h, comparado con las 8 y las 12 h; la orientación no tiene cambios en función del cronotipo y la hora del día; mientras que para el sistema ejecutivo de la atención, sólo se observa disminución en la eficiencia de las personas con cronotipo vespertino (44 sujetos) a las 12 y 16 h, comparado con las 8 y las 20 h (Matchock y Mordkoff, 2009). Esto nos indica que sí existe un efecto del cronotipo en la atención en función del momento del día; cabe mencionar que, en la investigación mencionada, el grupo que se refiere como matutino e indeterminado en realidad era un grupo de cronotipo indeterminado, debido a la ínfima cantidad de matutinos, por lo que se debe de tomar esta información a reserva de ello. Si bien en esta tesis se balanceó la cantidad de cada uno de los cronotipos entre los grupos, también es cierto que fue mayor la cantidad de personas con cronotipo indeterminado, esto puede deberse a que la edad de la muestra evaluada se relaciona con actividades escolares a nivel licenciatura y esto implica una demanda de funcionamiento adecuado, a nivel cognitivo, en horarios mixtos.

Otro sincronizador enmascarado podría ser la luz y en función de su variación (i.e., luz blanca o azul), ya que la principal aferencia fótica al NSQ es la retina. En este estudio no se evaluaron los hábitos de exposición a la luz natural y/o artificial (como la exposición a la pantalla de computadoras o celulares) que tenían los participantes y que es frecuente a lo largo del día. Se ha descrito que la luz blanca y la azul tienen un efecto sobre la atención sostenida, decrementando la eficiencia mientras más tiempo se está expuesto a ella; sin embargo, este efecto de la luz sobre la atención sostenida disminuye cuando los niveles de vigilancia basal aumentan (Correa, Barba y Padilla, 2016). En la presente tesis, no se observaron diferencias en la vigilancia entre los grupos, lo permite suponer que, si existiera un efecto enmascarado por iluminación, éste sería equivalente entre los grupos y, por lo tanto, no tendría mayor incidencia en el efecto del momento del día sobre la atención.

También, se ha descrito que los hábitos de sueño en universitarios mexicanos son deficientes, se ha encontrado que al menos el 60% de los estudiantes presenta somnolencia diurna (Puerto, Rivero, Sansores, Gamboa y Sarabia, 2015), duerme menos de 5 h (Aguirre-Crespo et al., 2014) y tiene mala calidad de sueño (Sierra, Jiménez y Martín, 2002). Los malos hábitos de sueño en las personas llevarían a una disminución en el estado general de alertamiento y en el aumento de la fatiga, factores que llevarían a la disminución en la eficiencia en la atención (Valdez et al., 2005). Los participantes de esta investigación no presentaron somnolencia diurna en la semana previa a la sesión experimental, sin embargo, el grupo de la mañana durmió media hora menos que los otros dos

grupos, aunque las horas promedio de sueño en la última semana fueron las mismas; es posible que la disminución en las horas de sueño del grupo de la mañana sea debido al esfuerzo en llegar a tiempo a la sesión de la investigación, mas no un hecho recurrente en sus vidas. Adicionalmente, se ha reportado que los hábitos nutricionales de universitarios mexicanos son deficientes, destacando el hecho de no realizar desayuno y no tener suficiente tiempo para ingerir las comidas posteriores; por otro lado, la comida rápida e hipercalórica es la más abundante en su dieta (Lorenzini et al., 2015; Navarro et al., 2017). Se sabe que el consumo de alimentos altos en calorías incrementa la temperatura corporal después de su consumo (Zammit, Ackerman, Shingled, Fauci y Smith, 1991). A los participantes se les pidió que no asistieran en ayunas a la sesión experimental, pero no se obtuvo información acerca de qué habían ingerido ni cuánto tiempo antes de iniciar la sesión, de tal manera que este factor igualmente podría enmascarar el ritmo de la temperatura y, con ello, potencialmente influir la variación diurna de la atención.

Sin embargo, a pesar de la posible influencia de hábitos de sueño o nutrición que podrían enmascarar los resultados conductuales obtenidos, los participantes llegaron una hora antes del comienzo de la sesión experimental, de tal manera que todos estuvieron expuestos a la misma activación física y conductual desde una hora previa al inicio de la toma de datos conductuales.

Tomando en cuenta que el protocolo de momento del día representa un esfuerzo por evaluar de manera fiable la conducta humana en la vida cotidiana, resulta relevante controlar y/o describir variables que puedan enmascarar los ritmos tanto

fisiológicos como cognitivos en el sujeto. En esta tesis no se controló ni describieron los hábitos de sueño, hábitos de exposición a la luz, la ingesta nutricional ni la temperatura ambiental donde se llevó a cabo la sesión experimental, características de un protocolo de rutina constante o desincronización forzada. Sin embargo, a partir de la experiencia adquirida en la realización de este trabajo, se sugiere realizar una combinación de los protocolos que actualmente se emplean para la evaluación de los ritmos circadianos y variaciones diurnas; por ejemplo: controlando o midiendo la temperatura e iluminación del lugar donde se realice la sesión, y obteniendo información sobre los hábitos de nutrición y sueño en la semana previa a la sesión experimental para poder contrastar los resultados en función de estas variables. Una forma de obtener datos fiables respecto de los hábitos de actividad y reposo, y la exposición a la luz es el empleo de relojes inteligentes (actiwatch), como lo hacen Zhu y sus colaboradores (2018).

Además, sería de valor tomar en cuenta el diseño de tareas más cortas y que, en el periodo entre las mediciones, el sujeto salga del espacio de evaluación y realice diferentes actividades que éste reporte realiza de manera cotidiana (i.e., leer), sin que resulte en una alta demanda energética (i.e., actividad física vigorosa) que provoque cambios en el gasto metabólico que impacten en la modificación variables fisiológicas (i.e., temperatura corporal); otra manera de evaluarlo podría ser que el mismo sujeto asista varios días en diferentes horarios hasta que se complete la cantidad de sesiones planificada y que éstas sean llevadas a cabo de manera contrabalanceda entre participantes.

Sobre la segunda posibilidad que pueda explicar la falta de un ritmo de atención encuentra en parte sustento del estudio reportado recientemente por Zhu et al. (2018); en este estudio se evaluó la atención sostenida con la PVT mientras realizaban registro de IRMf en cinco momentos, cada dos horas a partir de las 22 h, a personas que habían estado despiertas durante el día y en condiciones de protocolo de rutina constante. Se observó que la ejecución conductual en la tarea fue similar en los primeros tres registros (22, 24 y 2 h); sin embargo, la activación de las áreas cerebrales asociadas a la tarea aumentó entre las tres sesiones. Este hecho nos puede indicar que ocurren procesos cerebrales compensatorios para ejecutar de manera eficiente una tarea, en este caso a tareas que evalúan la atención, para afrontar de manera adecuada las demandas y presiones del ambiente, tales como estudiar en horario mixto o trabajar y estudiar al mismo tiempo. Así, aunque no se encontraron diferencias conductuales en tres momentos del día en nuestro estudio, es posible que algún proceso compensatorio pueda estar influenciado este hecho y que se requiera medir de otra manera. Por ejemplo, para futuros estudios se sugiere la implementación del uso de técnicas de neuroimagen como la electroencefalografía⁹ (EEG) o la IRMf mientras se ejecutan las tareas computarizadas en protocolos de momento del día para evaluar la posible influencia de mecanismos cerebrales compensatorios que lleven al individuo a ejecutar conductualmente adecuadamente una tarea sin importar la hora del día y, con ello, esclarecer de mejor manera el fenómeno.

Por último, cabe destacar que la inteligencia (fluida y cristalizada) también se controló entre los grupos. Se ha descrito que la atención ejecutiva y la atención

perceptual son componentes atencionales requeridos para codificar de manera eficiente la información y, posteriormente, el procesamiento de ésta; a su vez, la inteligencia fluida requiere de la adecuada codificación de la información para que ésta pueda ser manipulada y resolver un conflicto presentado (Ren, Altmeyer, Reiss y Schweizer, 2013). No se observaron diferencias en la inteligencia entre los grupos y, con base en lo anterior, esto podría ser reflejo de que no existan diferencias en la atención ejecutiva y perceptual, probablemente por la relevancia de esta función cognitiva; sin embargo, no se olvide que la inteligencia involucra otras funciones cognitivas (i.e., memoria, toma de decisiones, análisis deductivo), además de la atención. Por lo tanto, se sugiere evaluar la atención con alguna prueba normalizada que refleje las posibles diferencias individuales en el proceso cognitivo de manera específica. Una prueba lápiz-papel candidata para emplearse es el test de atención “d2”, que evalúa la atención selectiva, la concentración, la velocidad de procesamiento y el seguimiento de instrucciones mediante la discriminación de estímulos similares en un tiempo limitado. Además, cabe resaltar que esta prueba no se ve modificada por influencia de variación diurna (Seisdedos, 2012).

⁹ **Electroencefalografía (EEG):** Es una técnica de imagenología cerebral que registra la actividad cerebral de dendritas apicales en la corteza cerebral con el uso de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo (Redolar, 2014).

10. CONCLUSIÓN

Los resultados de esta tesis sugieren que la eficiencia en la capacidad de atención sostenida y selectiva, evaluada con la tarea de vigilancia psicomotora y la tarea de flanqueo de Eriksen, respectivamente, no se modifican en función de variaciones diurnas, evaluadas en tres momentos del día: 8, 12 y 19 h.

Además, muestran que la eficiencia en la capacidad de atención selectiva se modifica en función de la demanda cognitiva modulada por estímulos de interferencia, replicando lo reportado en la literatura científica.

11. REFERENCIAS

- Adam, E. K., Quinn, M. E., Tavernier, R., McQuillan, M. T., Dahlke, K. A., y Gilbert, K. E. (2017). Diurnal cortisol slopes and mental and physical health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 83, 25–41. <http://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.05.018>
- Adan, A., y Almirall, H. (1990). Estandarización de una escala reducida de matutinidad en población española: diferencias individuales. *Psicothema*.
- Adan, A., y Sánchez-Turet, M. (2000). Variación diurna de parámetros psicofisiológicos: influencia del sexo. *Psicología Conductual*. 9 (2): 271-282.
- Aguilar-Roblero, R., Morin, L. P., y Moore, R. Y. (1994). Morphological correlates of circadian rhythm restoration induced by transplantation of the suprachiasmatic nucleus in hamsters. *Experimental Neurology*. <http://doi.org/10.1006/exnr.1994.1203>
- Aguirre-Crespo, A., Reyes-Cárdenas, G., Martínez-Ramírez, B., Caballero-García, M., Sánchez-V, C., y Siliceo-Murrieta, J. (2014). Caracterización del patrón de sueño en estudiantes de la Universidad de Quintana Roo. *Revista Salud Quintana Roo*. 7(29), 16-20.
- APA. (2013). Diagnostic and Statistical of Mental Disorders (DSM-5®). *American Psychiatric Publishing*.
- Aschoff, J. (1965). Circadian Rhythms in Man. *Science*, 148(6), 1427–1432.
- Aston-Jones, G., Chiang, C., y Alexinsky, T. (1991). Chapter 35 – Discharge of noradrenergic locus coeruleus neurons in behaving rats and monkeys suggests a role in vigilance. *Progress in Brain Research*, 88(Lc), 501–520. [http://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)63830-3](http://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)63830-3)

- Badgaiyan, R. (2011). Neurotransmitter Imaging : Current Status and Challenges. *Curr Med Im Rev*, 7(2), 96–97.
- Badgaiyan, R. D., y Wack, D. (2011). Evidence of dopaminergic processing of executive inhibition. *PLoS ONE*, 6(12). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028075>
- Bailey, S. L., y Heitkemper, M. M. (2001). Circadian Rhythmicity of Cortisol and Body Temperature: Morningness-Eveningness Effects. *Chronobiology International*, 18(2), 249–261. <http://doi.org/10.1081/CBI-100103189>
- Basner, M, y Dinges, D., (2011). Maximizing Sensitivity of the Psychomotor Vigilance Test (PVT) to Sleep Loss. *Sleep*. 34 (5): 581-591
- Blake, M. J. F. (1967). Time of day effects on performance in a range of tasks. *Psychonomic Science*, 9(6), 349–350. <http://doi.org/10.3758/BF03327842>
- Blatter, K., y Cajochen, C. (2007). Circadian rhythms in cognitive performance: Methodological constraints, protocols, theoretical underpinnings. *Physiology and Behavior*, 90(2–3), 196–208. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.09.009>
- Blatter, K., Graw, P., Münch, M., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., y Cajochen, C. (2006). Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behavioural Brain Research*, 168(2), 312–317. <http://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.11.018>
- Blautzik, J., Vetter, C., Peres, I., Gutyrchik, E., Keeser, D., Berman, A., y Meindl, T. (2013). NeuroImage Classifying fMRI-derived resting-state connectivity patterns according to their daily rhythmicity. *NeuroImage*, 71, 298–306. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.08.010>
- Burke, T. M. Markwald, R.R., McHill, A.W., Chinoy, E.D., Snider, J.A., Bessman, S.C.

- et al.(2016). Effects of caffeine on the human circadian clock in vivo and in vitro. *Science Traslational Medicine*. 16:7(305) doi:10.1126/scitranslmed.aac5125.
- Castañeda, T. R., Prado, B. M., Prieto, D., y Mora, F. (2004). Circadian rhythms of dopamine, glutamate and GABA in the striatum and nucleus accumbens of the awake rat: modulation by light. *Journal of Pineal Research*, 36(3), 177–185. <http://doi.org/10.1046/j.1600-079X.2003.00114.x>
- Claustrat, B. y Leston, J. (2015). Melatonin: Physiological effects in humans. *Neurochirurgie*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuchi.2015.03.002>.
- Correa, A., Barba, A., y Padilla, F. (2016). Light effects on behavioural performance depend on the individual state of vigilance. *Plos One*, 11(11), 1-13. doi:10.1371/journal.pone.0164945.
- Cuesta, M., Boudreau, P., Cermakian, N., y Boivin, D. B. (2017). Skin Temperature Rhythms in Humans Respond to Changes in the Timing of Sleep and Light. *Journal of Biological Rhythms*, XX(X), 074873041770297. <http://doi.org/10.1177/0748730417702974>
- Daffner, K. R., Zhuravleva, T. Y., Sun, X., Tarbi, E. C., Haring, A. E., Rentz, D. M., y Holcomb, P. J. (2012). Does modulation of selective attention to features reflect enhancement or suppression of neural activity? *Biological Psychology*, 89(2), 398–407. <http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.12.002>
- Dinges, D. F., y Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 17(6), 652–655. <http://doi.org/10.3758/BF03200977>
- Donohue, S. E., Appelbaum, L. G., Mckay, C. C., y Marty, G. (2017). The neural

- dynamics of stimulus and response conflict processing as a function of response complexity and task demands. *Neuropsychologia*, 84: 14–28. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.035>.
- Drucker-Colín, R., Aguilar-Roblero, R., García-Hernández, F., Fernández-Cancino, F., y Rattoni, F. B. (1984). Fetal suprachiasmatic nucleus transplants: diurnal rhythm recovery of lesioned rats. *Brain Research*, 311(2), 353–357. [http://doi.org/10.1016/0006-8993\(84\)90099-4](http://doi.org/10.1016/0006-8993(84)90099-4)
- Drummond, S. P. A., Bischoff-grethe, A., Dinges, D. F., Ayalon, L., Mednick, S. C., y Meloy, M. J. (2005). The Neural Basis of the Psychomotor Vigilance Task. *Sleep*, (June 2014). <http://doi.org/10.1093/sleep/28.9.1059>
- Duffy, J. F., y Dijk, D. (2015). Getting Through to Circadian Oscillators: Why Use Constant Routines? *Journal of biological rhythms*, 17(1), 4–13.
- Edgar, D. M., Miller, J. D., Prosser, R. A., Dean, R. R., y Dement, W. C. (1993). Serotonin and the mammalian circadian system: II. Phase-shifting rat behavioral rhythms with serotonergic agonists. *Journal of Biological Rhythms*, 8(1), 17–31. <http://doi.org/10.1177/074873049300800102>
- Eriksen, B. a., y Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149. <http://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Esterman, M., Noonan, S. K., Rosenberg, M., y Degutis, J. (2012). In the zone or zoning out? Tracking behavioral and neural fluctuations during sustained attention. *Cerebral Cortex*, 23(11), 2712–2723. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhs261>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., y Posner, M. I. (2005). The

- activation of attentional networks. *NeuroImage*, 26(2), 471–479.
<http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.02.004>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., y Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340–7. <http://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Folkard, S., y Monk, T. H. (1980). Circadian Rhythms in human memory. *British Journal of Psychology*. 71: 295-307.
- Folstein, M.F., Folstein, S. E., y McHugh, P. R. (1975). “Mini-Mental State”. A Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3): 189-198.
- Fortenbaugh, F. C., Degutis, J., Germine, L., Wilmer, J. B., Grosso, M., Russo, K., y Esterman, M. (2015). Sustained attention across the life span in a sample of 10,000: Dissociating ability and strategy. *Psychological Science*, 26(9), 1497–1510. <http://doi.org/10.1177/0956797615594896>
- Franken, P., Cao, V., Heller, H. C., y Miller, J. D. (1999). The glutamate induced phase shift in the SCN slice: A two pulse study. *Brain Research* 818: 34–40.
- Gloria, A., y Vega, M. (2003). Metodos morfometricos estructurales entre cerebros para detectar diferencias. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 37(4), 255–261.
- Golombek, D. (2007). *Cronobiología humana. Ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad*. (1st ed.). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Green, D. J., y Gillette, R. (1982). Circadian rhythm of firing rate recorded from single cells in the rat suprachiasmatic brain slice. *Brain Research*, 245(1), 198–200.
[http://doi.org/10.1016/0006-8993\(82\)90361-4](http://doi.org/10.1016/0006-8993(82)90361-4)

- Gries, J-M. PharmD, Benowitz, N. y Verotta, D. (1996). Chronopharmacokinetics of nicotine. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. 60(4), 385-395.
- Guadarrama-Ortíz, P., Ramírez-Aguilar, R., Madrid-Sánchez, A., Castillo-Rangel, C., Carrasco-Alcántara, D., y Aguilar-Roblero, R. (2014). Controladores del tiempo y el envejecimiento: núcleo supraquiasmático y glándula pineal. *International Journal of Morphology*. 32(2): 409-414.
- Guyton y Hall. (2011). *Tratado de Fisiología Médica*. (12st ed.) España: Elsevier Saunders. 1092 pp.
- Halberg F, Carandente F, Cornelissen G, y Katinas GS. (1977) Glossary of Chronobiology. *Chronobiologia*, 4(Suppl 1): 1–189.
- Hanneman, S. K. (2001). Measuring Circadian Temperature Rhythm. *Biological Research For Nursing*, 2(4), 236–248. <http://doi.org/10.1177/109980040100200403>
- Hodkinson, D. J., Daly, O. O., Zunszain, P. A., Pariante, C. M., Lazurenko, V., Zelaya, F. O., y Williams, S. C. R. (2014). Circadian and homeostatic modulation of functional connectivity and regional cerebral blood flow in humans under normal entrained conditions. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 34: 1493–1499. <http://doi.org/10.1038/jcbfm.2014.109>
- Hornstein, T., y Lynn, J. S. (2013). *Biology of women* (Fifth). Cengage Learning.
- Huhman, K. L., y Albers, H. E. (1994). Neuropeptide Y microinjected into the suprachiasmatic region phase shifts circadian rhythms in constant darkness. *Peptides*, 15(8), 1475–1478. [http://doi.org/10.1016/0196-9781\(94\)90126-0](http://doi.org/10.1016/0196-9781(94)90126-0)
- Hunt, M.G., Momjian, A.J., y Wong, K.K. (2011). Effects of diurnal variation and caffeine consumption on test of variables of attention (TOVA) performance in

- healthy young adults. *Psychological assesment.* 23(1), 226-233.
10.1037/a0021401.
- Inouye, S. T., y Kawamura, H. (1979). Persistence of circadian rhythmicity in a mammalian hypothalamic “island” containing the suprachiasmatic nucleus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76(11), 5962–5966.
<http://doi.org/10.1073/pnas.76.11.5962>
- Ivanova, S., Rajkowski, J., Silakov, V., Watanabe, R., y Aston-Jones, G. (1997). Local chemomanipulations of locus coeruleus (LC) activity in monkeys alter cortical event-related potentials (ERP) and task performance. *Neurosci. Abstr.* 23, 1587.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- Jodar, M., Redolar, D., Blázquez, J. L., González, B., y Muñoz, E. (2013). *Neuropsicología*. Editorial UOC. 488 pp.
- Johnson, R. F., Morin, L. P., y Moore, R. Y. (1988). Retinohypothalamic projections in the hamster and rat demonstrated using cholera toxin. *Brain Research*, 462(2), 301–312. [http://doi.org/10.1016/0006-8993\(88\)90558-6](http://doi.org/10.1016/0006-8993(88)90558-6).
- Jurado, S., Villegas, E. M., Méndez, L., Rodríguez, F., Loperea, V., y Varela, R. (1996). La estandarización del Inventario de Depresión de Beck para los residentes de la Ciudad de México. *Salud Mental*, 21(3), 26–31.
- Kanai, R., Dong, M. Y., Bahrami, B., y Rees, G. (2011). Distractibility in Daily Life Is Reflected in the Structure and Function of Human Parietal Cortex. *Journal of Neuroscience*, 31(18), 6620–6626. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5864-10.2011>
- Kleitman, N., y Jackson, D. (1950). Body Temperature and Performance under Different

- Routines. *Journal of Applied Physiology*, 3, 309–328.
<http://doi.org/10.1152/jappl.1950.3.6.309>
- Koukkari, W. L., y Sothorn, R. B. (2006). *Introducing biological rhythms*. Springer.
<http://doi.org/10.1007/978-1-4020-4701-5>
- Kumar, A. P., Chandrawanshi, A., y Reinberg, A. (2001). Shift work: Consequences and management. *Current Science*. 81(1). 32-52.
- Leak, R. K., Card, J. P., y Moore, R. Y. (1999). Suprachiasmatic pacemaker organization analyzed by viral transynaptic transport. *Brain Research*, 819(1–2), 23–32. [http://doi.org/10.1016/S0006-8993\(98\)01317-1](http://doi.org/10.1016/S0006-8993(98)01317-1)
- Leak, R. K., y Moore, R. Y. (2001). Topographic organization of suprachiasmatic nucleus projection neurons. *Journal of Comparative Neurology* 433: 312–334.
- Levandovski, R., Sasso, E., y Paz, M. H. (2013). Chronotype: a review of the advances, limits and applicability of the main instruments used in the literature to assess human phenotype. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*. 35 (1): 3-11.
<http://dx.doi.org/10.1590/S2237-60892013000100002>
- Liddle, G. (1996). An analysis of circadian rhythms in human adrenocortical secretory activity. *Transactions of the American Clinical Climatological Association*, 77, 151–160.
- Lorenzini, R., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., Segura-Campos, M., y Castellanos-Ruelas, A. (2015). Estado nutricional en relación con el estilo de vida de estudiantes universitarios mexicanos. *Nutrición Hospitalaria*. 32(1), 94-100.
- Maestú, F., Ríos, M., y Cabestrero, R. (2008). *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos*. Elsevier Masson. 268 pp.

- Matchock, R., y Mordkoff, T. (2009). Chronotype and time-of-day influences on the alerting, orienting, and executive components of attention. *Experimental Brain Research*. 192, 189-198. DOI 10.1007/s00221-008-1567-6.
- McDermott, T. J., Wiesman, A. I., Proskovec, A. L., Heinrichs-Graham, E., y Wilson, T. W. (2017). Spatiotemporal oscillatory dynamics of visual selective attention during a flanker task. *NeuroImage*, 156, 277–285. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.05.014>
- Monk, T. H., Petrie, S. R., Hayes, A. J., y Kupfer, D. J. (1994). Regularity of daily life in relation to personality, age, gender, sleep quality and circadian rhythms. *Journal of Sleep Research*. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1994.tb00132.x>.
- Moore, M., y Matter, C. (2001). *Cognitive Rehabilitation. An integrative neuropsychological approach*. New York: The Guilford Press.
- Moore, R. Y., y Lenn, N. J. (1972). A retinohypothalamic projection in the rat. *Journal of Comparative Neurology*, 146(1), 1–14. <http://doi.org/10.1002/cne.901460102>
- Navarro, A., Vera, O., Munguía, P., Sosa-Sánchez, R., Lazano, M., Ochoa, C., y Hernández, P. (2017). Hábitos alimentarios en una población de jóvenes universitarios (18--25 años) de la ciudad de Puebla. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*. 23(supl, 2), 31-37.
- Novak, C. M., y Albers, H. E. (2002). N-methyl-d-aspartate microinjected into the suprachiasmatic nucleus mimics the phase-shifting effects of light in the diurnal Nile grass rat (*Arvicanthis niloticus*). *Brain Research* 951: 255–263.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5146491>.

- Petcharunpaisan, S., Ramalho, J., y Castillo, M. (2010). Arterial spin labeling in neuroimaging. *World Journal of Radiology*, 2(10), 384. <http://doi.org/10.4329/wjr.v2.i10.384>
- Petersen, S., y Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 21(35), 73–89. <http://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>.The
- Piffer, D., Ponzi, D., Sapienza, P., Zingales, L., y Maestripieri, D. (2014). Intelligence Morningness – eveningness and intelligence among high-achieving US students : Night owls have higher GMAT scores than early morning types in a top-ranked MBA program. *Intelligence*, 47, 107–112. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2014.09.009>
- Pletzer, B., Harris, T. A., y Ortner, T. (2017). Sex and menstrual cycle influences on three aspects of attention. *Physiology and Behavior*, 179, 384–390. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.07.012>
- Portellano, J. A., y García, J. (2013). Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3–25. <http://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M. I., y Boies, S. J. (1971). Components of Attention. *Psychological Review*, 78, 391–408.
- Posner, M. I., y Rafal, R. D. (1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. *Neuropsychological Rehabilitation*, 182–201.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., y Voelker, P. (2016). Developing brain networks of

- attention. *Current Opinion in Pediatrics*, 28(6), 720–724.
<http://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000413>
- Posner, M. J., y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu.Rev.Neurosci.*, 13, 25–42.
- Psychology Software Tools Inc. (2002). E-Prime 1.2. Descargado de <http://www.pstnet.com>.
- Puerto, M., Rivero, D., Sansores, L., Gamboa, L., y Sarabia, L. (2015). Somnolencia, hábitos de sueño y uso de redes sociales en estudiantes universitarios. *Enseñanza e Investigación en Psicología*. 20(2), 189-195.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers. W. J., Gusnard, D.A., y Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98: 676–682.
- Ramírez, C., García, A., y Valdez, P. (2012). Identification of circadian rhythms in cognitive inhibition and flexibility using a Stroop task. *Sleep and Biological Rhythms*, 136–144. <http://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2012.00540.x>
- Redolar, D. (2014). *Neurociencia Cognitiva*. Panamericana, 129–130.
<http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Refinetti, R. (2016). *Circadian Physiology* (Third). Idaho, USA: CRC Press.
- Ren, X., Altmeyer, M., Reiss, S., y Schweizer, K. (2013). Process-based account for the effects of perceptual attention and executive attention on fluid intelligence: An integrative approach. *Acta Psychologica*. 142, 195-202.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.12.007>
- Riccio, C., Reynolds, C. R., Lowe, P., y Moore, J. J. (2013). The continuous performance test : a window on the neural substrates for. *Archives of Clinical*

Neuropsychology, 17, 2013.

Rilea, S. L. (2008). A lateralization of function approach to sex differences in spatial ability: A reexamination. *Brain and Cognition*, 67(2), 168–182. doi:10.1016/j.bandc.2008.01.001

Robles, R., Varela, R., Jurado, S., y Páez, F. (2001). Versión mexicana del Inventario de ansiedad de Beck: Propiedades psicométricas. *Revista Mexicana de Psicología*, 18(2), 211–218..

Romero, C., Ghisi, J. P., Mazzucco, J., y Ternak, A. (2007). Imágenes con tensor de difusión en resonancia magnética. *Revista Argentina de Neurociencia*, 21(49), 49–52. <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2009.5961577>

Rosenberg, J., Maximov, I. I., Reske, M., Grinberg, F., y Shah, N. J. (2014). “Early to bed, early to rise”: Diffusion tensor imaging identifies chronotype-specificity. *NeuroImage*, 84, 428–434. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.07.086>

Sánchez, S. M., Sánchez, C. L., Paredes, S. D., Barriga, C., y Rodríguez, A. B. (2008). Circadian levels of serotonin in plasma and brain after oral administration of tryptophan in rats. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 104(1), 52–59. <http://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2008.00333.x>

Sandoval-Rincón, M., Alcalá-Lazcano, R., Herrera-Jiménez, I., Y Jiménez-Genchi, A. (2013). Validación de la escala de somnolencia de Epworth en población mexicana. *Gaceta Médica de México*. 149:409-416.

Seisdedos, N. (2012), *d2, Test de Atención. (4ta ed.)*, Madrid: TEA Ediciones. 88 pp.

Shipley, W., Gruber, C., Martin, T., y Klein, A. (2014). *Shipley-2. Escala breve de inteligencia*. (Bonilla, A., trad.) México: Editorial El Manual Moderno.

Shirakawa, T., y Moore, R. Y. (1994). Glutamate shifts the phase of the circadian

- neuronal firing rhythm in the rat suprachiasmatic nucleus in vitro. *Neuroscience Letters* 178: 47–50.
- Sierra, J., Jiménez, C., y Martín, J. (2002). Calidad de sueño en estudiantes universitarios: impotancia de la higiene de sueño. *Salud Mental*. 25(6), 35-43.
- Slotten, H. A., Pitrosky, B., y Pévet, P. (1999). Influence of the mode of daily melatonin administration on entrainment of rat circadian rhythms. *Journal of Biological Rhythms* 14: 347–353.
- Sollars, P. J., Kimble, D. P., y Pickard, G. E. (1995). Restoration of circadian behavior by anterior hypothalamic heterografts. *J Neurosci*, 15(3 Pt 2), 2109–2122.
- Sollars, P. J., y Pickard, G. E. (2015). The Neurobiology of Circadian Rhythms. *Psychiatric Clinics of North America*, 38(4), 645–665.
<http://doi.org/10.1016/j.psc.2015.07.003>
- Stephan, F. K., y Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69(6), 1583–6. <http://doi.org/10.1073/pnas.69.6.1583>
- Stewart, C., Burke, S., y Marrocco, R. (2001). Cholinergic modulation of covert attention in the rat. *Psychopharmacology*, 155(2), 210–218.
<http://doi.org/10.1007/s002130100692>
- Stoet, G. (2017). Sex differences in the Simon task help to interpret sex differences in selective attention. *Psychological Research*, 81(3), 571–581.
<http://doi.org/10.1007/s00426-016-0763-4>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.

- Takeuchi, H., Taki, Y., Sekiguchi, A., Nouchi, R., Kotozaki, Y., Nakagawa, S., y Kawashima, R. (2015). Regional gray matter density is associated with morningness-eveningness: Evidence from voxel-based morphometry. *NeuroImage*, 117, 294–304. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.037>
- Thimm, M., Weis, S., Hausmann, M., y Sturm, W. (2014). Menstrual cycle effects on selective attention and its underlying cortical networks. *Neuroscience*, 258, 307–317. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.11.010>
- Toffoletto, S., Lanzenberger, R., Gingnell, M., Sundström-Poromaa, I., y Comasco, E. (2014). Emotional and cognitive functional imaging of estrogen and progesterone effects in the female human brain: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology*, 50, 28–52. <http://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.07.025>
- Trefler, A., Sadeghi, N., Thomas, A. G., Pierpaoli, C., Baker, C. I., y Thomas, C. (2016). Impact of time-of-day on brain morphometric measures derived from T1-weighted magnetic resonance imaging. *NeuroImage*, 133, 41–52. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.034>
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., y Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception and Psychophysics*, 66(7), 1171–1189. <http://doi.org/10.3758/BF03196844>
- Vaishnavi, S. N., Vlassenko, A. G., Rundle, M. M., Snyder, A. Z., Mintun, M.A., y Raichle, M. E. (2010). Regional aerobic glycolysis in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107:17757–17762.
- Valdez, P., Ramírez, C., y García, A. (2014). Circadian Rhythms in Cognitive Processes : Implications for School Learning. *Mind, brain and education*. 8(4),

161–168.

- Valdez, P., Ramirez, C., García, A., Talamantes, J., Armijo, P., y Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biological rhythm research*. 36(April), 57–65. <http://doi.org/10.1080/09291010400028633>
- Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., y Cortez, J. (2010). Circadian and Homeostatic Variation in Sustained Attention. *Chronobiology International*, 27(2), 393–416. <http://doi.org/10.3109/07420521003765861>
- Valdez-Ramírez, P., Ramírez-Tule, C., GarcíaGarcía, A. y Talamantes-López, J. (2009). Ritmos circadianos en la eficiencia para responder en una prueba de ejecución continua. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*. 35(1), 75-91,75-91.
- Von Aschoff, J., y Wever, R. (1962). Spontanperiodik des Menschen bei Ausschlu?? aller Zeitgeber. *Die Naturwissenschaften*, 49(15), 337–342. <http://doi.org/10.1007/BF01185109>
- Voytko, M. L., Olton, D. S., Richardson, R. T., Gorman, L. K., Tobin, J. R., y Price, D. L. (1994). Basal forebrain lesions in monkeys disrupt attention but not learning and memory. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 14(1), 167–86. <http://doi.org/http://www.jneurosci.org/content/15/11/7315>
- Waisman, M., Serebrisky, D. y Castaldelli-Maia, J.M. (2016). Smoking and cognition. *Current Drug Abuse Reviews*. 9,1-4. 10.2174/1874473709666160803101633
- Zammit, G., Ackerman, S., Shindled, R., Fauci, M., y Smith, G. (1991). Postprandial sleep and thermogenesis in normal men. *Pshysiology & behavior*. 52, 251-259.
- Zhang, Y., Zhang, W., Alcántara, V. R., y Silva-Pereyra, J. (2014).

Magnetoencefalografía: Mapeo de la dinámica espaciotemporal de la actividad neuronal. *Suma Psicológica*, 21(1), 45–53. [http://doi.org/10.1016/S0121-4381\(14\)70006-2](http://doi.org/10.1016/S0121-4381(14)70006-2)

Zhu, Y., Xi, Y., Fei, N., Liu, Y., Zhang, X., Liu, L. ... Qin, W. (2018). Dynamics of cerebral responses to sustained attention performance during one night of sleep deprivation. *Journal Sleep Research*. 27(2), 184-196. 10.1111/jsr.12582