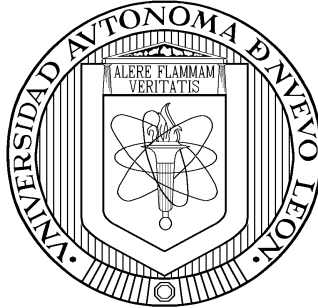


Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Psicología



**Variaciones circadianas en los indicadores de
la atención sostenida**

TESIS

Que para obtener el grado de maestría en ciencias con
opción en cognición y educación

Presenta:

Javier Talamantes López

Monterrey, N. L., México, junio de 2009

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Psicología

Subdirección de Posgrado

**Maestría en ciencias con opción en cognición y
educación**

La presente tesis titulada "Variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida" presentada por Javier Talamantes López ha sido aprobada por el comité de tesis.

Dr. Pablo Valdez Ramírez
Director de tesis

Dra. María Concepción Rodríguez Nieto
Revisor

Dr. René Landero Hernández
Revisor

Monterrey, N. L., México, junio de 2009

Para Esteban y Rosalba, Cesar y Arturo

. . . hay ciclos en el amor,
en la guerra, en las ideas, en
la escritura, hay ciclos. . .

Agradecimientos

A las participantes de esta investigación pues sin ellas este trabajo no hubiera sido posible.

A mi asesor Pablo Valdez por su esfuerzo, paciencia y dedicación hacia nosotros, los alumnos.

A Candelaria Ramírez, Aida García, Xóchitl Ortiz y Hugo Tirado por su lucha en busca de mejores condiciones para los que iniciamos en la ciencia.

A mis compañeros de laboratorio Diana Juárez, Jorge Borrani, Juventino Cortez, Teodoro Hernández y Benito Martínez por la discusión formal e informal de todos los días.

Al grupo Latinoamericano de Cronobiología.

A mis abuelos, tíos y primos que continúan en este ciclo, así como a los que ya pasaron al siguiente.

A la familia Yoshida, Brenda, y muchas personas más que me han ayudando tanto.

A mis revisores, Dra. María Concepción Rodríguez Nieto y Dr. René Landero Hernández, por sus críticas y dirección en este trabajo.

Al director de la Facultad de Psicología Mtro. Arnoldo Téllez López por el gran apoyo para llevar a cabo este trabajo.

Variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida

Resumen

La mayoría de los organismos se han adaptado a fenómenos cíclicos medio ambientales de 24 horas, tales como la noche y el día. El ser humano presenta variaciones circadianas en gran parte de su sistema fisiológico y por lo tanto, en sus procesos cognoscitivos. Uno de estos procesos es la atención sostenida que se define como la capacidad para mantener la atención por periodos prolongados de tiempo. Se han reportado variaciones circadianas en la atención sostenida, sin embargo, se han empleado tareas generales que no permiten obtener indicadores básicos del proceso de la atención sostenida. El objetivo del presente trabajo es analizar las variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida: a) tendencia de la ejecución, b) constancia en la ejecución, c) lapsos atencionales. Estos indicadores se obtuvieron a través de una tarea de ejecución continua. Participaron ocho mujeres con edades entre 16 y 21 años, estudiantes del turno matutino sin trastornos graves de sueño. Cada una de las participantes fue registrada en una rutina de condiciones constante durante 30 horas continuas. Se mantuvieron condiciones constantes de luz, temperatura ambiental, vigilia continua y postura corporal reclinada (45°). Se registró la temperatura rectal cada minuto durante 30 horas continuas, mientras que la tarea de ejecución continua se registró cada hora. Se encontró que la temperatura rectal presentó variaciones circadianas, con su punto más bajo en la madrugada. En cuanto a la ejecución, se encontró que la constancia en la ejecución y los lapsos atencionales presentaron el punto de mayor eficiencia durante horas del día, el punto de menor eficiencia durante la madrugada y posteriormente una recuperación al final del registro. Por otro lado, la tendencia en la ejecución mostró una caída a lo largo de todo el registro. Estos resultados indican que la constancia en la ejecución y los lapsos atencionales presentaron variaciones circadianas, mientras que la tendencia de la ejecución mostró principalmente un patrón homeostático. Lo anterior sugiere que solo algunos procesos cognoscitivos (por lo tanto cerebrales), están modulados por los ritmos circadianos. Esto tiene implicaciones teóricas ya que dentro de esta área de investigación se considera la presencia general de variaciones circadianas en los procesos cognoscitivos. Esto también tiene implicaciones prácticas en el área laboral, de la educación y de la salud, ya que si se toma en cuenta la hora del día, es posible reducir la cantidad de accidentes, mejorar el rendimiento académico, así como aspectos de salud.

Circadian variations on indices of sustained attention

Abstract

Organisms are adapted to a 24 hour cyclic environmental phenomena, such as day and night. Humans have circadian variations on their physiological system, as well as on their cognitive processes. Sustained attention is a basic cognitive process that is defined as the ability to maintain attention for prolonged periods of time. Many studies have reported circadian variations on sustained attention, however such studies have used general tasks that do not allow the analysis of basic indices of sustained attention. The objective of this work is to analyze circadian variations on sustained attention indices: a) tendency of performance, b) stability on performance, c) lapses of attention. These indices were obtained through a continuous performance task. Eight women with an age range between 16 and 21 years old participated on this work. They were morning schedule students without severe sleep disorders. Each participant was assessed in the laboratory on a constant routine protocol during 30 hours. Constant conditions were maintained in: light, environmental temperature, wakefulness and posture (recumbent position). Rectal temperature was assessed each minute and the continuous performance task was assessed each hour. There were circadian variations on rectal temperature. The highest level occurred during day and the lowest level during the night. On the other hand, the stability of performance and lapses of attention showed their best level during day time hours, the lowest level during early morning and then a recovery around noon. Tendency on performance showed a decay trough the 30 hour session. These results show that the stability on performance and the lapses of attention have circadian variations whereas the tendency of performance shows a homeostatic pattern. In conclusion, some but not all cognitive processes (therefore neural processes) have circadian variations. This has theoretical implications because it has been considered that all cognitive processes have circadian variations. There are practical implications too, it could be possible to reduce the occurrence of accidents, improve academic performance, as well as improving performance in night shift workers.

Índice

<i>Agradecimientos</i>	v
<i>Resumen</i>	vi
CAPITULO I - Introducción	1
Definición del problema	5
Justificación	8
Objetivo General	10
Objetivos específicos.....	11
Hipótesis	11
Limitaciones y Delimitaciones	12
CAPÍTULO II- Ritmos circadianos	13
Adaptación al medio: homeostasis y ritmos biológicos ...	13
Origen del estudio de los ritmos biológicos	14
Características de los ritmos circadianos	17
Ritmos circadianos en los procesos cognoscitivos	20
Variaciones circadianas en la ejecución.....	20
Protocolos de investigación en los ritmos circadianos y la ejecución en el ser humano.....	24
CAPITULO III- Atención sostenida	29
Atención	30
Atención y primeros estudios desde la psicología cognitiva.....	32
Bases neuropsicológicas de la atención.....	34
Atención sostenida: principales líneas de estudio.....	45

CAPITULO IV - Método	66
Tipo de diseño	66
Participantes	67
Instrumentos	70
Variables analizadas en el presente trabajo	76
Procedimiento	78
Análisis de datos	82
CAPITULO IV - Resultados	83
Variaciones circadianas en la temperatura rectal	83
Variaciones circadianas en el nivel de eficiencia general.	85
Variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida.	87
CAPITULO V - Discusión y conclusión	95
Referencias.....	xii

Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1.- Valor de ajuste de la temperatura rectal a una curva sinusoidal de 24 horas. Se utilizó el método Cosinor.	83
Tabla 2.- Datos estadísticos ANOVA de Friedman (no paramétrica) de cada indicador de la ejecución. Datos brutos = 21 gl; Datos sin tendencia lineal = 19 gl.	88
Figura 1.- Ejemplo de variaciones circadianas.....	14
Figura 2.- Modelo en donde el factor circadiano se suma con el factor homeostático. (Modificada de: Schmidt, Collette, Cajochen y Peigneux, 2007, quienes la modificaron de Borbély, 1982, y (Daan, Beersma y Borbely, 1984)).....	23
Figura 3.- Procedimiento de la investigación, el cual abarca desde el momento que se seleccionaron a los participantes hasta el momento en que terminaron el registro de rutina constante.	81
Figura 4.- Promedio de la temperatura rectal de las 8 participantes. En la gráfica se muestra el registro de temperatura rectal cada dos horas. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar.....	84
Figura 5.- Tiempo de reacción (TR) y nivel de eficiencia general. A la izquierda se presentan los datos brutos y a la derecha los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que la mejor ejecución ocurrió alrededor de las 20:00 horas, mientras que la peor ejecución alrededor de las 04:00 horas.	86
Figura 6.- Tendencia del tiempo de reacción (TR) y tendencia de la precisión. (correctas) A la izquierda se presentan los datos brutos y a la derecha los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden	

a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que el tiempo de reacción no presentó cambios a lo largo del registro. Por otro lado, solo los datos brutos de la precisión mostraron cambios a lo largo del día. 89

Figura 7.- Constancia de la ejecución del tiempo de reacción (TR) y constancia de la ejecución en la precisión. Del lado izquierdo se presentan los datos brutos y del lado derecho se presentan los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. El eje de las X corresponde a los valores de una desviación estándar. Alrededor de las 20:00 horas se presentó la mayor constancia en la ejecución, mientras que alrededor de las 04:00 horas se presentó la menor constancia en la ejecución. 91

Figura 8.- En la parte superior de la gráfica se presentan los errores individuales (cuadros), mientras que en la parte inferior se presentan los lapsos atencionales (errores de 2-3; círculos cerrados, 4-5; círculos abiertos y errores mayores de 5; triángulos). En la parte izquierda se presentan los datos brutos y en la parte derecha se presentan los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que solo los errores brutos individuales presentan diferencias a lo largo del día. Por otro lado, los lapsos atencionales tanto en datos brutos como en datos sin tendencia lineal presentan cambios a lo largo del día. 94

CAPITULO I - Introducción

Los organismos evolucionan y se adaptan al medio ambiente a través de cambios anatómicos, fisiológicos y conductuales. Las características adaptativas que presentan son muy diversas, casi como el número de organismos vivos. Algunas adaptaciones han resultado muy exitosas y por lo tanto han permanecido entre la mayoría de los seres vivos desde tiempos remotos (Paranjpe y Sharma, 2005)

Un ejemplo de estas adaptaciones son los ritmos biológicos. Este fenómeno consiste en las variaciones cíclicas de 24 horas que presenta la actividad del sistema fisiológico. Por ejemplo, la temperatura corporal alcanza su nivel más alto a una hora del día, mientras que 12 horas después presenta su nivel más bajo formando así un ciclo de 24 horas. Es importante aclarar que las variaciones circadianas en el nivel de temperatura así como en el resto del sistema fisiológico, no son una acción reactiva a los cambios del medio ambiente, sino que el comportamiento cíclico es producido por el propio organismo, independientemente del medio externo. Esto quiere decir

que el organismo tiene la capacidad para producir variaciones cíclicas sin depender del medio ambiente (Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982).

Los ritmos biológicos se encuentran en casi todos los organismos vivos. Por ejemplo, podemos encontrar ritmos tanto en organismos unicelulares; entre ellos las cianobacterias originadas hace millones de años, así como en organismos pluricelulares tales como plantas, animales, incluso el ser humano. La presencia de ritmos biológicos en el ser humano, sugiere que la selección natural ha preservado estos ritmos a lo largo de la evolución de la vida en la tierra (Johnson, 2004; Kondo y Ishiura, 2000).

El concepto de selección natural, tiene implícito un aspecto central el cual se refiere a la presión que ejercen las características del medio ambiente sobre el organismo. Es decir, si el organismo tiene los mecanismos adecuados para acoplarse a las características del medio ambiente, su probabilidad de vivir aumenta. Por otro lado, la falta de dichos mecanismos "empujan" a que el organismo perezca (Darwin, 1859).

En el caso de los ritmos biológicos, este sistema hace

posible que el organismo se adapte a las condiciones cíclicas del medio, tales como las mareas (movimiento lunar), las estaciones del año (traslación de la tierra), así como a la noche y el día originados por la rotación de la tierra. El sistema fisiológico y conductual de los organismos, se ha adaptado principalmente a los fenómenos cíclicos de 24 horas (noche y día) (Moore-Ede *et al.*, 1982).

La adaptación de un organismo a ciclos de 24 horas se le conoce como ritmos circadianos (alrededor de un día). En el caso del ser humano, este presenta ritmos circadianos en todo su sistema fisiológico. Algunos ejemplos son la producción de hormonas, secreción de jugos gástricos, frecuencia cardiaca, temperatura corporal, el ciclo de sueño-vigilia, la actividad del sistema nervioso, entre otros. Este último, es la base para los procesos cognoscitivos y se ha encontrado que aspectos como la memoria y la atención también presentan variaciones circadianas (Carrier y Monk, 2000; Schmidt, Collette, Cajochen y Peigneux, 2007; Valdez, Reilly y Waterhouse, 2008). En la mayoría de los trabajos acerca de variaciones circadianas y la ejecución se toma en cuenta la temperatura corporal de

los participantes. Esto es importante ya que es uno de los indicadores más confiables de la presencia de un reloj biológico en el organismo además de conocer las fases de su ciclo (hora de su punto más alto y más bajo). También se ha usado para confirmar que las condiciones de registro fueron propicias para estudiar los ritmos circadianos, ya que poder observar variaciones circadianas en la temperatura, nos indican que las condiciones de registro fueron controladas (temperatura ambiental, actividad motriz de los participantes, entre otros).

En el presente trabajo se pretende analizar las variaciones circadianas de un componente de la atención llamado atención sostenida. La atención sostenida se refiere a la capacidad que tenemos para mantener nuestra atención por periodos prolongados de tiempo y es un proceso cognoscitivo necesario para llevar a cabo tareas como estudiar, resolver problemas, manejar un vehículo. También es importante en trabajos como operadores de camión, maquinaria pesada, maquiladoras, incluso en una cirugía médica, entre otros.

Por lo tanto, si tomamos en cuenta que vivimos en un medio ambiente conformado por ciclos, podremos ver que

entender los ritmos circadianos en los procesos cognoscitivos; entre ellos la atención sostenida, nos ayudará a comprender mejor la manera en que el ser humano se adapta a las condiciones de su medio ambiente tanto naturales como laborales, educativas, de salud, etc.

Definición del problema

Los primeros trabajos dedicados a estudiar las variaciones circadianas en la ejecución (al hablar de ejecución nos referimos al nivel de eficiencia para llevar a cabo una tarea), emplearon tareas tales como insertar palillos sobre un tablero, lectura de comprensión, operaciones aritméticas, clasificar cartas, entre otras (Blake, 1967). A través de estos trabajos se encontró que la eficiencia en cada una de estas tareas presentaba cambios a lo largo del día, es decir, variaciones circadianas. Sin embargo, a través de dichas tareas no fue posible distinguir la participación de los procesos cognoscitivos (memoria, atención, etc.) sobre cada una de las tareas utilizadas (Colquhoun, 1971; Lavie, 1980). Para abordar esto, se

intentaron utilizar tareas que midieran específicamente cada uno de los procesos cognoscitivos, entre ellos la memoria y la atención. Para estudiar la memoria se emplearon tareas como recordar una serie de dígitos, recordar palabras tanto escritas como auditivas. Por otro lado, para medir la atención se emplearon tareas de tiempo de reacción (TR), tanto auditivas como visuales, en las que la persona debía responder cada ocasión en la que apareciera un estímulo. En estos trabajos también se observaron variaciones circadianas tanto en tareas de memoria como de atención (Carrier y Monk, 2000).

La identificación de variaciones en la memoria y en la atención fue un paso importante en el estudio de los ritmos circadianos y los procesos cognoscitivos, sin embargo, el avance en el terreno de los procesos cognoscitivos ha planteado que incluso la memoria y la atención tienen componentes más básicos. Por ejemplo, la atención tiene cuatro componentes, alerta tónica, alerta fásica, atención selectiva y la atención sostenida (Posner y Rafal, 1987). Esto, continúa dejando abierto el problema que consiste en identificar los procesos cognoscitivos básicos que producen

variaciones circadianas en procesos generales como la memoria y la atención, así como en tareas de lectura de comprensión, resolución de problemas matemáticos, manejar un automóvil, entre otros. Por lo tanto, para poder comprender mejor los ritmos circadianos en la cognición del ser humano, como primer paso, es importante determinar las variaciones circadianas en cada uno de los componentes básicos de los procesos cognoscitivos. Una forma de aproximarse a este problema es estudiar las variaciones circadianas en el componente de la atención llamado atención sostenida.

La atención sostenida se puede medir a través de indicadores tales como: Tendencia de la ejecución (regresión lineal del nivel de eficiencia a lo largo de la tarea), constancia en la ejecución (desviación estándar de la eficiencia a lo largo de la tarea) y lapsos atencionales (cantidad de errores continuos durante la tarea). Estos indicadores se describen con más detalle en el marco teórico así como en el método.

Por lo tanto, como parte del presente problema de investigación, una pregunta central es: ¿Existen variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida?

Justificación

Para entender un fenómeno de la naturaleza, es necesario identificar los elementos centrales que le dan origen. Por lo tanto, para entender las variaciones circadianas en la ejecución general (manejar un automóvil, estudiar, operar maquinaria pesada, etc.) es importante encontrar los procesos cognoscitivos básicos que presentan variaciones circadianas, y que a su vez, producen variaciones circadianas en la ejecución de tareas generales.

La mayoría de los trabajos acerca de las variaciones circadianas en la atención sostenida utilizan indicadores poco claros tales como: promedio del tiempo de reacción durante toda la tarea, porcentaje de respuestas correctas, cantidad de omisiones, promedio de los tiempos de reacción más cortos o más largos (5% de las respuestas más rápidas o más lentas), entre otros (Horowitz, Cade, Wolfe y Czeisler, 2003; Schmidt *et al.*, 2007; Wright, Hull y Czeisler, 2002). Estos indicadores no toman en cuenta los cambios en el nivel de la atención a lo largo de la tarea ya que la atención sostenida, es la capacidad para mantener la

atención por periodos prolongados de tiempo. Por lo tanto, en base a esta definición, es importante utilizar indicadores que tomen en cuenta los cambios en el nivel de la atención a lo largo de la tarea y no solo el nivel de ejecución general. Algunos de estos indicadores son la tendencia en la ejecución, la constancia en la ejecución, así como lapsos atencionales (Cohen y Sparling-Cohen, 1993; Smith, Valentino y Arruda, 2002).

Estos indicadores se utilizan en el presente trabajo, con los cuales se pretende llevar a cabo un análisis más detallado de las variaciones circadianas en la atención sostenida. Este análisis es importante ya que puede contribuir a un área poco estudiada dentro de los ritmos circadianos que son las variaciones circadianas en los procesos cognoscitivos.

La importancia de este trabajo también reside en el campo práctico, ya que el tener más conocimiento acerca de las variaciones circadianas en la atención sostenida, puede ayudar a mejorar las condiciones laborales, de estudio, de salud, entre otros.

Por ejemplo, es importante conocer las variaciones en la atención sostenida a lo largo del día ya que se

podría programar la cantidad de horas continuas trabajando en función de la hora del día para actividades laborales tales como operadores de maquinaria pesada, choferes de autotransportes, operadores de radar, entre otros. Esto puede ayudar a reducir la cantidad de accidentes automovilísticos y laborales, además de mejorar la calidad y cantidad en la producción de las empresas.

Por el lado del campo educativo, se puede incrementar el rendimiento académico al tomar en cuenta la hora del día para programar las evaluaciones, el horario escolar, entre otros.

Objetivo General

Identificar si existen ritmos circadianos en la atención sostenida a través de tres indicadores: tendencia en la ejecución, constancia en la ejecución y lapsos atencionales.

Objetivos específicos

1. Identificar la existencia de variaciones circadianas en la tendencia de la ejecución
2. Identificar la existencia de variaciones circadianas en la constancia de la ejecución
3. Identificar la existencia de variaciones circadianas en los lapsos atencionales

Hipótesis

1. Se observarán variaciones circadianas en la tendencia de la ejecución
2. Se observarán variaciones circadianas en la constancia en la ejecución
3. Se observarán variaciones circadianas en los lapsos atencionales

Limitaciones y Delimitaciones

Limitaciones: Una de las principales limitaciones del estudio es que los participantes son sólo del sexo femenino y por lo tanto los resultados obtenidos no se podrán aplicar a la población del sexo masculino.

Delimitaciones: En el presente trabajo se analizan las variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida. Dicho proceso está presente en muchas de las tareas que se llevan a cabo en empresas como maquiladoras, constructoras, en actividades como manejar camiones, entre otras. Una limitación importante de este trabajo es la generalización de resultados provenientes de laboratorio (condiciones más controladas) hacia el campo práctico. Es decir, si se aplica la misma tarea y se analizan los mismos indicadores de la atención sostenida dentro de un medio de trabajo, los resultados pueden variar a los presentados en este trabajo.

CAPÍTULO II- Ritmos circadianos

Adaptación al medio: homeostasis y ritmos biológicos

Los organismos tienen principalmente dos formas de adaptarse al medio ambiente, la homeostasis y la reostasis.

La homeostasis se refiere a la capacidad de poder regular de forma reactiva aspectos fisiológicos como la temperatura. Por ejemplo, cuando ocurre un cambio repentino en la temperatura ambiental, el organismo reacciona produciendo calor o eliminándolo de su cuerpo (Valdez, 1988).

La reostasis (ritmos biológicos) consiste en las variaciones cíclicas que presenta el nivel de actividad del sistema fisiológico. Por ejemplo, la temperatura corporal se presenta más alta durante el día y más baja durante la noche, de la misma forma, la mayor producción de hormonas y de jugos gástricos se da en el día mientras que la menor producción durante la noche. A este patrón cíclico que se repite cada 24 horas se le

llama variaciones circadianas (Czeisler, Duffy, Shanahan, Brown, Mitchell, Rimmer, Ronda, Silva, Allan, Emens, Dijk y Kronauer, 1999; Valdez, Ramírez y Téllez, 1998). El término circadiano significa alrededor de un día (Fig. 1).

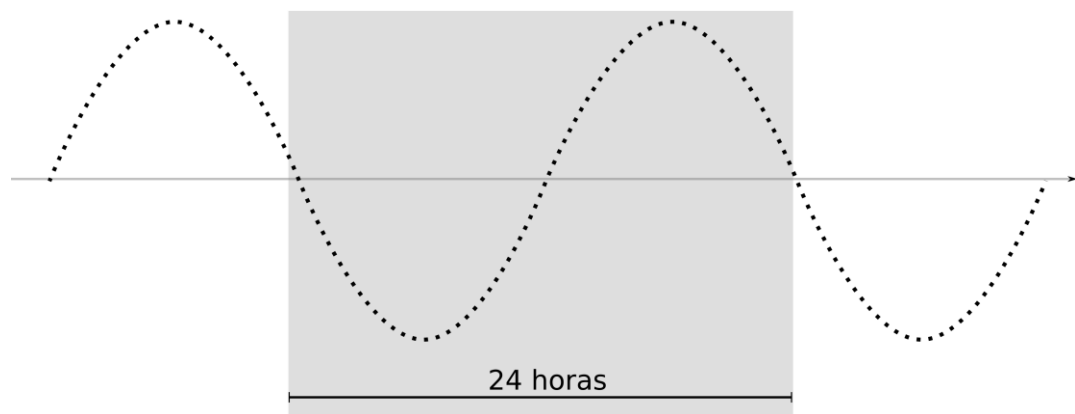


Figura 1.- Ejemplo de variaciones circadianas

Origen del estudio de los ritmos biológicos

El estudio de los ritmos biológicos comenzó a partir de una observación llevada a cabo por De Mairan en 1729. Él observó que una planta abría y cerraba sus hojas a pesar de que se le trasladara de su medio natural a un cuarto en condiciones de obscuridad constante, es

decir, en este cuarto no había día ni noche para la planta. En estas condiciones, la planta abría y cerraba sus hojas al igual que lo hacía fuera del cuarto en condiciones naturales (Ward, 1977).

A raíz de esta observación, se llevaron a cabo diversos trabajos con el objetivo de identificar los factores del medio ambiente, que servían como marcadores de tiempo para la planta. Es decir, si las variaciones a lo largo del día en la humedad ambiental, la temperatura, incluso el campo magnético eran responsables de que la planta siguiera abriendo y cerrando las hojas incluso dentro del cuarto oscuro. A pesar de los esfuerzos en diversos trabajos, se encontró que la planta no dependía de las condiciones del medio ambiente para generar ciclos a lo largo del día en el movimiento de sus hojas. En cambio, se llegó a la conclusión de que la planta tenía un mecanismo interno análogo a un reloj (marcador de tiempo) que le indicaba el momento para abrir y cerrar sus hojas. A este mecanismo se le llamó "reloj biológico".

En la actualidad se han estudiado los ritmos biológicos en gran variedad de organismos (bacterias, plantas y animales) y se ha encontrado que existen principalmente

tres tipos de ritmos biológicos. Estos tipos de ritmos se clasifican en función de la duración de su ciclo. El primero son los ritmos que tienen una duración menor a 24 horas (ritmos ultradianos) tales como los ciclos del sueño, frecuencia cardíaca y de respiración, entre otros. El segundo tipo de ritmos son los que tienen una duración de aproximadamente 24 horas (ritmos circadianos) tales como el ciclo vigilia - sueño, producción de hormonas como la melatonina, la producción de jugos gástricos, etc. Por último, una tercera clasificación corresponde a los ritmos biológicos que tienen ciclos mayores a 24 horas (ritmos infradianos) tales como la menstruación, la migración de aves, así como la eclosión en algunos organismos (Wexler y Moore-Ede, 1986).

El presente trabajo se enfoca principalmente al estudio de los ritmos circadianos.

Características de los ritmos circadianos

Los ritmos circadianos son una capacidad adaptativa de los organismos (Paranjpe y Sharma, 2005). Esto es claro ya que su sistema fisiológico no se activa después de que los rayos del sol llegan por la mañana, sino que para este momento del día, la actividad el sistema fisiológico ya se encuentra en incremento. De esta forma, cuando los primeros rayos solares llegan a la tierra, muchos organismos ya se encuentran listos para comenzar actividades de alimentación, migración entre otras.

El sistema fisiológico de la mayoría de los organismos presenta variaciones circadianas (plantas y animales, incluso el ser humano), por ejemplo, la producción de algunas hormonas, frecuencia cardiaca, temperatura corporal, procesos metabólicos, regulación del ciclo vigilia-sueño, la presión arterial, la actividad del sistema nervioso central, aumenta durante las horas del día y disminuye durante las horas de la noche (Czeisler et al., 1999; Kleitman y Jackson, 1950).

Para entender mejor los ritmos circadianos es

importante revisar sus características (Moore-Ede *et al.*, 1982; Turek, Dugovic y Zee, 2001; Valdez *et al.*, 1998; Ward, 1977):

I. Los ritmos circadianos son estables: Esto quiere decir que el período de sus ciclos en condiciones constantes, siempre tienen la misma duración. Por ejemplo, la temperatura corporal presenta siempre un ciclo cercano a 24 horas.

II. Existe una relación temporal entre las diferentes funciones del organismo: Primero es importante recordar que la mayoría de las funciones del sistema fisiológico del ser humano presentan variaciones circadianas, como ejemplo está la secreción de hormonas y jugos gástricos, la presión arterial, el ciclo sueño-vigilia, la temperatura corporal, entre otros. Dichas funciones se encuentran sincronizadas, es decir, que si el día de hoy, el punto de mayor producción de jugos gástricos se presenta una hora después del punto máximo de temperatura, al día siguiente, el punto de mayor producción de jugos gástricos se presentará una hora después del punto máximo de temperatura, manteniendo la

misma relación temporal que el día anterior.

III. El periodo y la fase de los ritmos circadianos pueden modularse a través de agentes sincronizadores o

Zeitgebergs: Los agentes sincronizadores más importantes son la luz, la ingesta de comida y los factores sociales como los horarios de trabajo. Estos factores funcionan como ajustadores de un reloj, ya que al adelantar o retrasar el inicio de la luz en el ciclo de luz-oscuridad, se genera un adelanto o un retraso en el punto de mayor y menor temperatura corporal dentro del ciclo del organismo. Esto significa que cuando una persona viaja de un país a otro, entre los cuales existe una diferencia de horario; un viaje de París a México, las personas se encontrarán en un cambio repentino de intensidad de luz y de horarios, por lo tanto la persona sufrirá un reajuste en su organismo en donde sus funciones se retrasarán o se adelantarán en función del nuevo horario.

IV. Los ritmos circadianos son endógenos: Esto quiere decir que el organismo no depende del medio exterior para generar oscilaciones en la actividad de su sistema

fisiológico, así como en su conducta. Prueba de esto es que al poner a un organismo en luz u oscuridad constante, temperatura constante, fuera de ruidos o algún otro factor que pudiera servir como indicador del tiempo, el organismo continúa presentando variaciones cíclicas en todas sus funciones.

Ritmos circadianos en los procesos cognoscitivos

Variaciones circadianas en la ejecución

Existen dos teorías que explican las variaciones circadianas en la ejecución del ser humano: La primera toma en cuenta sólo un factor como principal responsable de la producción de variaciones circadianas en el ser humano. La segunda teoría toma en cuenta dos factores que interactúan entre sí. Estos dos factores son el proceso circadiano y el homeostático.

Teoría de un solo factor: Esta teoría fue propuesta por Kleitman (1963). De acuerdo con esta teoría, el nivel de ejecución depende directamente del metabolismo corporal. Por lo tanto, si el reloj biológico produce variaciones circadianas en el metabolismo corporal, este a su vez produce variaciones en la ejecución.

El indicador principal del metabolismo corporal es la temperatura, con lo cual, Kleitman planteó que el nivel en la ejecución se puede predecir a partir del nivel de la temperatura corporal.

Un problema con esta teoría, es el hecho de considerar a los procesos cognoscitivos como producto único del metabolismo (consumo de oxígeno y glucosa) sin tomar en cuenta el nivel de actividad sináptica y eléctrica en la célula.

En base al planteamiento de Kleitman, se formó una segunda teoría la cual agrega un factor homeostático.

Teoría de dos factores: esta teoría explica que el nivel de ejecución es el producto de sumar los factores circadiano y homeostático. Este último factor, se refiere a que el nivel de ejecución está modulado por la cantidad de tiempo en que permanecemos despiertos.

Esto quiere decir que la tendencia a disminuir la ejecución aumenta conforme a las horas en que permanecemos despiertos. Por lo tanto, al considerar que ambos factores modulan la ejecución, podremos apreciar que tras muchas horas de permanecer despierto más el hecho de encontramos en el punto de menor temperatura corporal (actividad metabólica) tendremos la menor eficiencia para llevar a cabo alguna tarea o actividad laboral, escolar, etc. (Borbély, 1982) (fig. 2).

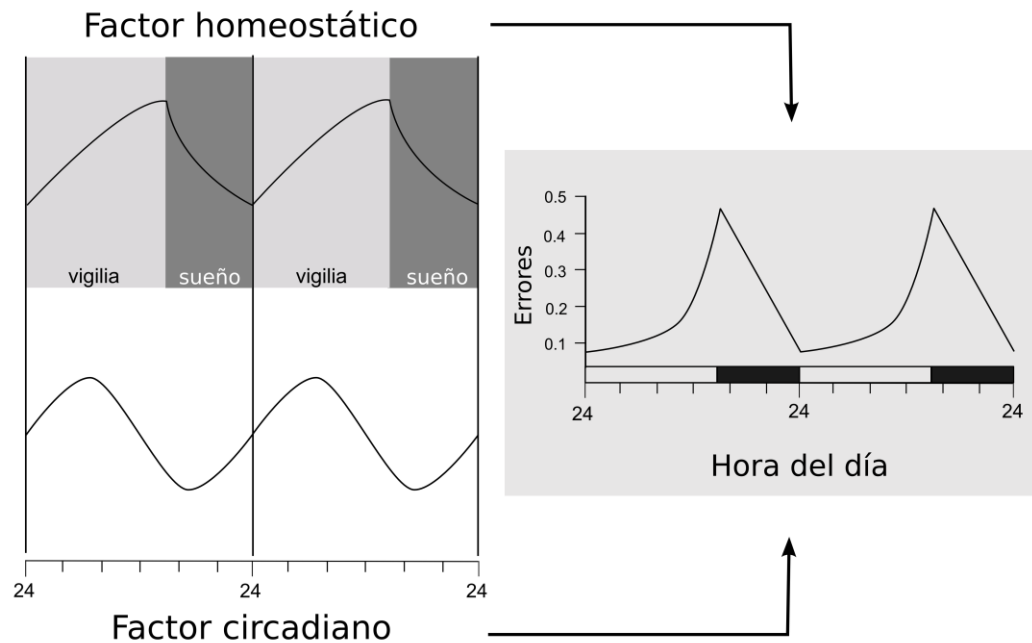


Figura 2.- Modelo en donde el factor circadiano se suma con el factor homeostático. (Modificada de: Schmidt, Collette, Cajochen y Peigneux, 2007, quienes la modificaron de Borbély, 1982, y (Daan, Beersma y Borbely, 1984)).

**Protocolos de investigación en los ritmos circadianos y
la ejecución en el ser humano.**

Además de las teorías que sirven como marco de referencia para analizar los diferentes fenómenos dentro de los ritmos circadianos y la ejecución, un aspecto muy importante son las herramientas metodológicas o también llamados protocolos de investigación.

Para poder apreciar de forma clara los ritmos circadianos en un organismo, es importante controlar diversos factores del medio ambiente tales como: la luz, temperatura, la ingesta de comida, el ejercicio, la ingesta de algunas sustancias como el alcohol y el café, incluso los horarios de trabajo, de escuela, entre otros. Por lo tanto, la precisión para medir los ritmos circadianos en el ser humano dependerá de cuáles y de qué forma son controlados los diversos factores que pueden obstaculizar la observación de los ritmos circadianos.

Algunos de los protocolos usados en el estudio de los ritmos circadianos y los procesos cognitivos del ser

humano son: a) Hora del día, b) Desincronización forzada y c) Rutina constante.

a) Hora del día: Este protocolo fue uno de los primeros en utilizarse para medir los cambios en el nivel de ejecución a lo largo del día. Consiste en tomar muestras de la ejecución a lo largo del día, principalmente durante las horas en las que permanecemos despiertos. En este tipo de protocolo no se controlan las condiciones naturales ni sociales, como la temperatura ambiental o la luz, tampoco se controla la actividad social de la persona, por ejemplo los horarios de trabajo o de escuela. Por lo tanto, este protocolo permite que las personas lleven a cabo muchas de sus actividades de la vida diaria, lo cual puede volver difícil apreciar las variaciones circadianas en la ejecución (Craig y Condon, 1985; Smith, 1987). Muchas de las incongruencias entre los primeros trabajos sobre ritmos circadianos y ejecución, se debe al poco control de variables que ofrece este protocolo de investigación.

b) Desincronización forzada: este protocolo de investigación se ha empleado frecuentemente para discriminar la influencia que ejercen los ritmos circadianos y el factor homeostático (teoría bifactorial de Borbely) sobre la ejecución (Carrier y Monk, 2000; Schmidt *et al.*, 2007). El procedimiento en este protocolo requiere que las personas permanezcan hasta 50 días en condiciones de laboratorio (Hull, Wright y Czeisler, 2003). Dentro del laboratorio, las personas viven ciclos de luz y oscuridad, que dependiendo del estudio, pueden ser ciclos cortos de alrededor de 18 horas o ciclos largos de alrededor de 28 horas (la duración del ciclo permanece constante durante todo el registro). La duración del periodo de luz para estos protocolos es de aproximadamente dos tercios del ciclo. Con este tipo de protocolo se ha conseguido desfasar el ciclo de vigilia-sueño (el cual adoptan el ciclo impuesto en laboratorio) por un lado y por el otro, los ciclos de temperatura corporal, secreción de hormonas y el nivel de ejecución (los cuales adoptan un ciclo "natural" de aproximadamente 24 horas). Un problema importante en este tipo de método es la imposición de un ciclo diferente a 24 horas

durante varios días. Esto puede manipular las variaciones cíclicas del organismo, y por lo tanto sesgar los resultados obtenidos por las mismas condiciones de registro.

c) Rutina constante: En este protocolo se busca mantener controlados aspectos como la luz, temperatura ambiental, ingesta calórica, así como la postura corporal en un nivel constante durante todo el registro. En estas condiciones las personas se encuentran aisladas de cualquier indicador de tiempo externo (cualquier reloj o sonidos externos). Además, los participantes permanecen despiertos durante todo el registro (Duffy y Dijk, 2002).

A través de este tipo de protocolo se pretende "desenmascarar" los ritmos circadianos. El término desenmascarar se refiere a cuidar o eliminar los factores del medio ambiente que puedan provocar variaciones en el nivel de eficiencia que no sean producto de los ritmos circadianos. Por ejemplo, puede ser que una persona tenga su nivel de alerta muy alto durante la madrugada debido a la ingesta de sustancias como cafeína u otros activadores del sistema nervioso,

y no por una activación provocada por el propio organismo. Un problema que presenta este protocolo es la falta de disociación entre el proceso circadiano y el homeostático como se pretende en los registros de desincronización forzada.

CAPITULO III- Atención sostenida

Una parte importante dentro del estudio de los ritmos en la ejecución, es el área de la cognición del ser humano. Es decir, si pretendemos determinar variaciones circadianas en un proceso cognoscitivo, es importante entender un poco más acerca de dicho proceso.

Sir Henry Head en 1926, fue uno de los primeros en definir la atención sostenida como un estado de alta eficiencia del sistema nervioso central (Parasuraman, 1984). Dicha forma de concebir la atención sostenida contemplaba aspectos biológicos, a pesar de esto, era una forma poco precisa para definir dicho proceso ya que la atención sostenida depende de un estado de activación alto, pero una activación alta del sistema no implica el sostenimiento de la atención.

Posteriormente Mackworth (1948); a quien se le considera pionero en esta área, definió a la atención sostenida (vigilancia) como un estado de preparación para detectar y responder a pequeños cambios en intervalos azarosos de tiempo dentro del medio ambiente.

Definiciones más recientes toman este proceso como la capacidad para mantener enfocada nuestra atención por periodos prolongados de tiempo (Cohen y O'Donnell, 1993; Coull, 1998; Posner y Rafal, 1987). A pesar de que esta definición de atención sostenida es ampliamente aceptada, hace uso del concepto general de atención. Por lo tanto, para entender mejor el concepto de atención sostenida es necesario primero revisar el concepto de atención.

Atención

Uno de los primeros psicólogos en estudiar la atención fue William James y propuso que "Todo mundo sabe lo que es atención. Es la toma de posesión por parte de la mente, en forma clara y vívida, de algo que se asemeja a varios objetos simultáneos o trenes de pensamiento. Concentración, focalización son su esencia" (1950, pp. 403-404).

Otro personaje importante en la historia de la psicología, fue E. B. Titchener (1913). El planteó claramente dos aspectos fundamentales de la atención. Propuso que la atención se compone por dos lados: uno

interno y otro externo. El primero se refiere a los procesos no aparentes de la atención, estos tienen que ver principalmente con los procesos mentales. El otro lado de la atención se refiere a la "actitud" del cuerpo, principalmente la cabeza. Como parte de esta definición, también planteó que la atención tenía tres etapas. La primera se refería a una *atención pasiva*. Esta se refería a lo que percibimos independiente de nuestra voluntad, es decir, las cosas que llegan a nuestra atención queramos o no. La segunda forma de atención es una *atención activa*, la cual depende de emplear nuestro esfuerzo para hacer que las cosas por las que no tenemos interés alguno, entren a nuestra atención. Esto puede ser cuando nos esforzamos para escuchar un sonido muy débil o ver una luz muy tenue a lo lejos. Al tercer tipo de atención, le llamó *atención secundariamente pasiva*, y se refería a que nuestra atención activa puede convertirse en atención pasiva, es decir que las cosas que nos costaban esfuerzo para atender, ahora nos llaman la atención sin esfuerzo alguno.

Para esta época ya se tenían algunos conocimientos de anatomía y fisiología del sistema nervioso, sin

embargo, gran parte de los estudios fueron guiados por la introspección. A pesar de esto, se consiguió establecer las bases conceptuales para el estudio actual de la atención.

Atención y primeros estudios desde la psicología cognitiva

Una de las contribuciones más importantes dentro de este campo, fue hecha por D.E. Broadbent. Este autor propuso un modelo de la atención llamado modelo del filtro. En este modelo consideraba que los estímulos del medio ambiente son filtrados antes de que lleguen a integrarse en procesos superiores del pensamiento. Además, planteaba que existen varios canales de entrada de información y que si la información sobrecarga dichos canales, algunos de estos se cancelaban creándose así, un filtro en la información (dejaba pasar solo alguna información). Algunos de los trabajos que sirvieron como base para dicha teoría consistieron en presentar números sucesivos en ambos oídos, así como pares de números distintos en ambos oídos. En dichos estudios se encontró que cuando se presentaban 6

números alternadamente en cada oído, la eficiencia para reportar los números era muy alta (93%), sin embargo cuando se presentaban en pares (un estímulo distinto en cada oído) y se les dejaba libre el orden de evocación, la eficiencia era menor (65%), sin embargo, cuando se les pedía que evocaran los números por orden de presentación, la eficiencia caía todavía más (20%), por último, si la frecuencia de pares de estímulos era de un par cada 2 segundos, la eficiencia se recuperaba un poco (50%) (Driver, 2001; Kinchla, 1992).

Posteriormente, Anne Treisman propuso un modelo en el que; a diferencia de Broadbent, la información no era filtrada preatentivamente. Los canales no son bloqueados completamente y toda la información entraba al sistema. Dicha información se iba filtrando durante los diferentes pasos de la abstracción de la información (Broadbent, 1982). Posteriormente Treisman (1998), propuso otro modelo al que se le llamó modelo de integración de la información. Este modelo tiene fuerte influencia sobre los trabajos actuales y plantea que las características físicas básicas como el color son percibidas en paralelo por el sistema, pero que procesos multidimensionales (color y forma) más

elaborados son procesados serialmente. Esto se basó en experimentos en donde se observó que el tiempo para encontrar una línea horizontal entre muchas líneas verticales, no dependía de la cantidad de estímulos presentados. Mientras que cuando se pedía identificar una línea roja vertical entre líneas verdes verticales y rojas horizontales, el tiempo para encontrarla si dependía de la cantidad de estímulos presentados.

Los modelos propuestos por Broadbent y Treisman, no ha sido lo únicos, sin embargo estos se consideran el eje del cual han partido muchos de los modelos más recientes.

Bases neuropsicológicas de la atención

La constitución psicológica del ser humano depende principalmente de dos aspectos. El primero se refiere al aprendizaje social. Este se lleva a cabo desde edades tempranas del desarrollo, en donde los padres, la escuela, así como otros factores del medio ambiente juegan un papel central. El segundo aspecto, no menos importante, se refiere al sustrato biológico que soporta los procesos psicológicos, entre ellos la

atención (Luria, 1973).

Atención y psicofisiología

Alrededor de los años 60, se llevaron a cabo importantes estudios acerca de las bases biológicas de la atención. En estos estudios se emplearon técnicas de lesión así como técnicas donde se registraron variables fisiológicas tales como cambios en el sistema vascular, cambios galvánicos de la piel, dilatación de la pupila, y actividad electroencefalográfica.

Uno de los fenómenos más importantes que dieron pie a las bases fisiológicas de la atención, se le conoce como "reflejo de orientación" y fue estudiado principalmente por Sokolov (1982). Este fenómeno se caracteriza por una serie de cambios fisiológicos que suceden en el organismo ante un estímulo nuevo. Las principales características de este reflejo son cambios en la postura corporal; principalmente los ojos, cambios en el sistema autónomo tales como la frecuencia en la respiración, respuestas vasculares, respuesta galvánica de la piel, así como cambios en el sistema nervioso central. En este último, se ha observado que

la actividad electroencefalográfica presenta una desincronización en su carga eléctrica (espiga) asociada a la presencia de un estímulo. Este reflejo de orientación tiene una característica fundamental llamada habituación. Este fenómeno se refiere a la extinción de dichos reflejos fisiológicos propiciados por la presencia repetida de un estímulo. Es decir, el sistema fisiológico se "adapta" a dicho estímulo. De igual forma, si se llega a presentar un estímulo nuevo, se presentan de nuevo las respuestas o los cambios que caracterizan el reflejo de orientación.

Los trabajos de Sokolov, fueron pioneros en el área, ya que establecieron las bases para unir aspectos fisiológicos con aspectos psicológicos como la atención.

Otros investigadores como R. Hernández-Peón, también llevaron a cabo contribuciones importantes en este campo. Algunos de sus trabajos consistieron en lesionar áreas basales del cerebro donde encontró que la formación reticular es importante para mantener un estado básico de atención. Además de esto, también encontró bases psicofisiológicas en el proceso de selección de la información. Uno de sus trabajos más

importantes al respecto, consistió en implantar un electrodo en el área coclear del gato (específicamente en los nervios que conectan el oído medio con el cerebro) y medir su actividad eléctrica en cuatro condiciones: a) condición control en la cual se midió la actividad eléctrica ante un sonido (click). b) ante la presencia de un ratón vivo dentro de una botella junto con el sonido. c) ante un tubo que contenía olor a pescado junto con el sonido. d) ante un estímulo nocioceptivo (impulso eléctrico de baja potencia en una de sus patas) más el sonido. Se encontró que la actividad eléctrica en condiciones experimentales fue más baja que en la situación control. Es decir, cuando se presentaba el ratón, el olor, o el estímulo eléctrico junto con el sonido, las ondas eléctricas del núcleo coclear se atenuaban en comparación a las ondas eléctricas producidas únicamente ante el sonido. Estos resultados sugirieron un mecanismo inhibitorio, el cual se consideró como parte importante del proceso de selección de estímulos del medio. Esta capacidad de seleccionar estímulos, por lo tanto, se interpretó en términos de inhibición y facilitación de la actividad cortical propiciada por un control que ejercen áreas

centrales del cerebro sobre etapas primarias del proceso sensorial (Hernandez-Peon, Scherrer y Jouvet, 1956).

A través de sus trabajos con lesiones y registros electroencefalográficos, Hernández-Peón propuso dos aspectos de la atención. El primero y más básico, se refiere a un estado de activación eléctrica general del sistema nervioso. Durante dicho estado, el organismo monitorea diversos tipos de estímulos en el medio ambiente. El segundo estado de la atención se refiere a un estado de activación específica. Es decir, este tipo de actividad eléctrica se produce cuando enfocamos nuestra atención a un solo estímulo o grupo de estímulos (Hernandez-Peon y Sterman, 1966).

Algunos estudios acerca de la actividad cerebral y la atención en humanos, fueron llevados a cabo por M. Haider, Sponch y Linsdlsey (1964), reportaron que los potenciales de acción decaían en amplitud durante una tarea de vigilancia. En estos trabajos, se le pedía a la persona que presionara una tecla, cada vez que apareciera un estímulo visual previamente determinado (punto de luz tenue) y que no presionara ninguna tecla ante otros estímulos (punto de luz fuerte). Dicha tarea

duraba aproximadamente 80 minutos y cada 5 minutos se presentaban 100 estímulos de luz fuertes y 10 de luz tenue. Se encontró que la amplitud de la actividad eléctrica disminuía paralelamente al nivel de detección de estímulos a lo largo de la tarea.

Otro personaje central en el área, y tal vez uno de los más importantes fue A. R. Luria. Sus estudios, principalmente sobre pacientes con lesión cerebral, lo llevaron a formar un sólido marco de conocimientos dentro de la neuropsicología. En cuanto a la atención, Luria observó que las lesiones en áreas basales del cerebro como el tallo cerebral y regiones del mesencéfalo (áreas con núcleos importantes de la formación reticular), producían estados de somnolencia continua, así como un estado de bajo "alertamiento" representado por la poca eficiencia para detectar diversos estímulos del medio ambiente. Este aspecto de la atención; al igual que Hernández-Peón, fue considerado por Luria como un estado base para llevar a cabo procesos más complejos como la selectividad y la concentración. Además de esto, Luria también encontró que pacientes con lesiones en el área del lóbulo frontal, presentaban dificultades severas para atender

estímulos específicos del medio. También encontró que este tipo de pacientes presentaban un tono cortical más excitado comparado con personas sin lesión. Una lesión en esta área provoca una hiperactividad en el monitoreo de diferentes estímulos del medio, incluyendo aquellos estímulos distractores que no tienen relación con la tarea llevada a cabo en ese momento. Una observación importante que ayudó a entender el papel del lóbulo frontal y la formación reticular sobre la atención, fue el hecho de que los pacientes con lesión en el área reticular podían elevar su nivel de alerta; al menos por momentos, a través de una instrucción verbal. Caso contrario sucedía en los pacientes con lesión frontal, ya que no lograban dirigir su atención, incluso a través de una instrucción verbal. Esto último sugirió que las áreas del lóbulo frontal y la formación reticular constituyen un sistema que se regula en ambas direcciones y representa un sustrato cerebral importante para la atención (Luria, 1973).

Modelo neuropsicológico de la atención

Con los trabajos antes mencionados, se lograron establecer algunas bases tanto cognitivas como psicofisiológicas en el estudio de la atención.

Dichas contribuciones han ayudado a crear una definición más amplia de la atención la cual se refiere a la atención como la capacidad para captar estímulos del medio ambiente, seleccionarlos y responder ante estos, así como la capacidad de poder mantener estos mismos procesos a lo largo del tiempo (atención sostenida) (Cohen y O'Donnell, 1993).

Un modelo neuropsicológico que coincide con esta definición de atención fue propuesto por Posner y Rafal (1987). En este modelo se propone que la atención tiene cuatro componentes básicos: alerta tónica, alerta fásica, atención selectiva y atención sostenida.

a) Alerta tónica: Este componente de la atención se refiere a un nivel de actividad cerebral básico necesario para llevar a cabo cualquier proceso cognoscitivo, entre ellos la atención. Este nivel de actividad depende de las condiciones generales del sistema fisiológico tales como la actividad vascular,

temperatura corporal, metabolismo, el ciclo sueño vigilia, entre otros factores. Un aspecto importante es que dicho nivel de actividad está modulado por el propio organismo y no por los estímulos que puedan llegar desde el medio ambiente.

La formación reticular juega un papel central en este componente, ya que pacientes con lesiones en esta área presentan estados de somnolencia permanente y por lo tanto baja eficiencia en tareas de atención sostenida (Luria, 1973).

b) Alerta fásica: Se refiere al incremento repentino en el nivel de alerta. Este incremento se consigue al presentar una señal de previo aviso ante algún estímulo. Esta, funciona como "activador" del sistema nervioso y por lo tanto facilita la percepción. Este tipo de alertamiento se relaciona con lo que Sokolov llamó reflejo de orientación (Fernandez-Duque y Posner, 1997).

Los tiempos de reacción de una persona en alerta fásica, se caracterizan por ser más rápidos que los tiempos obtenidos durante alerta tónica.

La alerta fásica tiene relación con la formación reticular pero también depende de la interacción con

otras zonas del cerebro como el área prefrontal.

c) Atención selectiva: En este modelo, la selección de información implica una dirección de la atención hacia un estímulo o grupo de estímulos determinados. La actividad del sistema neural está dirigida para facilitar un tipo de información, y al mismo tiempo inhibir otro tipo de información. Posner propone que la atención selectiva se puede dividir en atención aparente y atención encubierta. La primera se refiere a los movimientos físicos o "aparentes" que se presentan cuando la persona atiende hacia un objeto, por ejemplo, el movimiento de los ojos, cabeza, etc. La atención encubierta se refiere al movimiento "mental" de la atención. Posner demostró que existe un direccionamiento de la atención independiente de los movimientos físicos (especialmente los ojos).

La atención selectiva se ha vinculado con el funcionamiento de zonas del parietal, los colículos superiores, algunos núcleos del tálamo, así como la corteza prefrontal (Posner y Petersen, 1990). Pacientes con lesiones en estas zonas presentan incapacidades como: desatender un objeto, mover su atención hacia otro objeto, así como fijar su atención sobre un objeto

nuevo.

d) Atención sostenida o concentración: Existe información del medio ambiente que entra a nuestra percepción sin la necesidad de llevar a cabo un "esfuerzo". Por ejemplo, un sonido fuerte como un trueno durante la lluvia, el derrape de las llantas de un automóvil o las campanas de la iglesia, llegan hasta nuestra percepción sin que hayamos tenido la intención de escucharlos. Este es un aspecto de la atención que no demanda un esfuerzo cognoscitivo.

Por otro lado, existe información que nos demanda un esfuerzo para que entre a nuestra percepción. Por ejemplo, tratar de encontrar una aguja o una pequeña moneda cuando se nos cae al piso, nos demanda llevar a cabo un esfuerzo para dirigir y mantener nuestra atención en busca de ese objeto. Por lo tanto, un aspecto importante del fenómeno llamado atención sostenida, se refiere al esfuerzo cognitivo para mantener nuestra atención de forma enfocada a lo largo del tiempo (Posner y Rafal, 1987).

Cohen y O'Donnell (1993) proponen que la atención sostenida es la capacidad de mantener la atención sobre una tarea por periodos prolongados de tiempo y que

además, para que se pueda llevar a cabo el proceso de la atención sostenida, es necesario el buen funcionamiento del resto de los componentes de la atención.

La atención sostenida depende en gran parte del lóbulo frontal y en específico de la zona prefrontal. Este se encarga de activar zonas basales del cerebro como la formación reticular, la cual a su vez activa otras áreas cerebrales. Se sabe que pacientes con lesiones en la corteza prefrontal presentan dificultades para mantener la atención (Coull, Frackowiak y Frith, 1998).

Atención sostenida: principales líneas de estudio

Los primeros estudios controlados en condiciones de laboratorio acerca de la atención sostenida, surgen como una necesidad práctica en tiempos de la segunda guerra mundial. Dentro de este contexto, fue muy importante conocer la eficiencia de los operadores de radar para detectar señales durante largos turnos de "vigilancia" (Warm, 1984).

Uno de los investigadores más importantes de la época fue Norman H. Mackworth. Sus estudios demostraron que

la eficiencia para detectar señales, presenta una clara disminución al cabo de los primeros 30 minutos durante una tarea de vigilancia. En estos estudios se empleó una tarea llamada tarea del reloj (*clock test*). Dicha tarea consistía en observar un panel en forma de reloj y reportar cada vez que la manecilla avanzaba dos lugares con un solo movimiento. En cambio, cuando la manecilla avanzaba un lugar con un solo movimiento, la persona no debía responder. Dicha tarea tenía una duración de dos horas, a través de las cuales se observó una caída en la eficiencia (Mackworth, 1948). A partir de este trabajo reportado por Mackworth, se inició una serie de estudios con el objetivo de encontrar las causas de dicha caída en la atención.

Atención sostenida y cognición

Algunos estudios dentro de esta área, abordaron el decremento de la vigilancia como un fenómeno de aprendizaje en donde los estímulos detectados funcionaban como reforzadores de la conducta. Desde este punto de vista se planteaba que la conducta necesaria para detectar una señal (principalmente

movimiento de cabeza y ojos hacia la fuente de estímulos) era reforzada por cada estímulo detectado, por lo tanto, la caída en la vigilancia era propiciada por la baja frecuencia de estímulos presentados (Lawson, 1959). Un problema con estos trabajos fue la metodología empleada. En estos estudios no se dejaba en claro la participación de la atención sostenida sobre las variables analizadas (Jerison y Wing, 1961). Otro punto en contra fue la poca claridad para demostrar que la conducta necesaria para detectar una señal lleva forzosamente a la detección de una señal (Baker, 1960). Otro modelo que trató de explicar las bases cognitivas para la caída en la atención, fue la teoría de la activación. Aquí se planteaba que la presencia de los estímulos producían una activación sensorial y por lo tanto un alertamiento. De esta forma, una frecuencia baja de estímulos provocaba una activación pobre del sistema y como consecuencia, una caída gradual en la atención. (Loeb y Alluisi, 1984; McCormack, 1967; Warm y Jerison, 1984)

Un problema importante entre muchos de los trabajos antes mencionados fue la inconsistencia de los resultados. Algunos trabajos reportaban un decremento

en la vigilancia, mientras que otros reportaban la ausencia de dicha disminución en la vigilancia (Swets y Kristofferson, 1970).

Como parte del esfuerzo para abordar este problema, se plantearon algunos estudios con el objetivo de encontrar la relación entre las características de los estímulos y el nivel de vigilancia. En estos trabajos se analizaron características tales como: la modalidad sensorial de los estímulos (Gunn y Loeb, 1967; Loeb y Binford, 1971), la amplitud y duración de la señal (Baker, 1963; Wiener, 1973), la frecuencia de estímulos (Jerison y Pickett, 1964), la incertidumbre temporal y espacial en la presentación de los estímulos (McCormack, 1967), así como la retroalimentación de la eficiencia (See, Howe, Warm y Dember, 1995), entre otros. Se encontró que cada uno de estos factores afecta el nivel de ejecución durante una tarea de la atención sostenida. Esto puede ser tanto en el tiempo de reacción como en la precisión para detectar los estímulos. Por ejemplo, se encontró que cuando la duración del estímulo aumentaba, el nivel de detección era mayor. De igual forma, si los participantes recibían retroalimentación de su eficiencia, esta se

mantenía durante la tarea. Una revisión más amplia fue hecha por Warm y Jerison (1984).

Dicho problema también fue abordado desde la teoría de detección de señales (TDS). Desde este punto de vista se planteó que la proporción de correctas (índice empleado en muchos trabajos acerca de vigilancia) no reflejaba únicamente la capacidad para detectar señales, sino que se mezclaba con la estrategia con que la persona respondía (criterio de respuesta). Por lo tanto, se planteó que la caída en la vigilancia se debía a dos factores principales. El primero se refiere al criterio o estrategia con que responde la persona (β). Este factor está influenciado principalmente por la probabilidad de ocurrencia de los estímulos a detectar, así como de la recompensa o castigo ante dichos estímulos (Parasuraman, 1984) De esta forma, si la persona adopta un criterio laxo, la tendencia será presionar muchas veces la tecla "si" (decir que si se presentó una señal objetivo). Por otro lado, adoptar un criterio estricto o conservador significa presentar una tendencia a presionar muchas veces la tecla "no". El segundo factor se refiere a la sensibilidad para diferenciar entre un estímulo objetivo (estímulos a los

que la persona tiene que responder) y un objetivo neutro (estímulos que la persona tiene que ignorar) (d'). Este factor; según la TDS, es independiente del criterio que la persona adopta para responder, y depende principalmente de la capacidad para detectar estímulos (Gescheider, 1997).

A partir de estos dos indicadores, se encontró que algunos trabajos presentaban una caída en la vigilancia debido a la disminución de la sensibilidad para detectar estímulos (d'), mientras que en otros trabajos, el factor que propiciaba la caída en la vigilancia era el cambio de un criterio laxo hacia un criterio conservador de respuestas (β) (See et al., 1995).

Parasuraman y Davies propusieron una clasificación taxonómica de trabajos en los cuales se analiza la vigilancia desde los indicadores de la TDS (β y d). En esta clasificación, se plantearon dos categorías principales. La primera toma en cuenta tareas de discriminación sucesiva (tareas en donde se presenta un estímulo a la vez y por lo tanto implica el uso de memoria) y tareas de discriminación simultánea (en estas tareas la persona tiene que discriminar entre dos

estímulos presentados al mismo tiempo). La segunda categoría toma en cuenta trabajos en donde se aplicaron tareas con una frecuencia de estímulos alta (frecuencia igual o mayor a 24 estímulos por minuto), así como trabajos en donde se aplicaron tareas con una frecuencia de estímulos baja (frecuencia menor a 24 estímulos por minuto). En este trabajo se observó que sólo las tareas sucesivas con frecuencia de estímulos alta presentaban una caída en la sensibilidad, mientras que el factor común para el resto de los trabajos, era la caída en el criterio de respuesta.

Para confirmar este resultado, se llevó a cabo un trabajo en donde se aplicó una tarea con estímulos sucesivos y otra con estímulos simultáneos. Cada tarea se presentó a una frecuencia de 5 y 30 estímulos por minuto. En este trabajo se encontró que sólo la tarea sucesiva con frecuencia de 30 estímulos por minuto presentó un decremento en la sensibilidad.

A pesar de esto, existen trabajos en donde la sensibilidad disminuye a pesar de que las tareas empleadas corresponden a una frecuencia baja en la presentación de estímulos (Parasuraman, 1984).

Existen otros trabajos en los que se han propuesto

clasificaciones taxonómicas que incluyen categorías en donde se toma en cuenta el significado físico de un estímulo, así como su significado simbólico (See et al., 1995).

Es importante mencionar que la aplicación de la TDS en las tareas de vigilancia ha recibido varias críticas. Una de ellas es que la mayoría de las tareas de vigilancia, manejan frecuencias de estímulos menores que las tareas comúnmente empleadas en los trabajos clásicos de la TDS. Otra crítica importante ha sido que los índices de sensibilidad y de criterio obtenidos en muchas tareas de vigilancia, son mucho mayores que los resultados estándares en tareas utilizadas en la teoría de detección de señales. Esto implica; en un sentido estricto de la teoría, que las tareas de vigilancia y las tareas comunes de la TDS varían en algún aspecto de su estructura. Por lo tanto, aplicar el mismo análisis entre este tipo de tareas podría ser incompatible (Warm y Jerison, 1984).

Bases biológicas de la atención sostenida

El fenómeno de la atención sostenida también se ha estudiado desde el punto de vista biológico. En este campo, se han encontrado algunas estructuras y circuitos neuronales que forman el sustrato biológico de la atención sostenida.

Las primeras hipótesis biológicas acerca de la disminución en la vigilancia, se basaron en un concepto llamado activación o "arousal" (por su nombre en inglés) (Loeb y Alluisi, 1984). Este concepto se refiere al nivel de actividad del sistema nervioso general que sirve como base para los procesos cognoscitivos. Esta hipótesis planteaba que la atención decaía debido a que el nivel de actividad del sistema nervioso disminuía a lo largo de una tarea de vigilancia. Una forma en que se trató de probar esta hipótesis, fue a través correlacionar la eficiencia durante una tarea de vigilancia y algunos indicadores fisiológicos tales como la frecuencia cardiaca, registros galvánicos de la piel, así como algunos índices neuroquímicos, como catecolaminas. A pesar de este esfuerzo, no se encontró una relación entre dichos indicadores y la ejecución en la tarea de vigilancia.

Otra teoría que también se basó en la actividad cortical fue propuesta por J.F. Mackworth y planteaba que la caída en la vigilancia se basaba en el fenómeno de habituación (Parasuraman, 1984). Este fenómeno hacía referencia a la extinción gradual que presentan los potenciales eléctricos ante estímulos repetitivos.

Como forma de probar esta teoría, se llevaron a cabo algunos trabajos en los cuales se utilizaron tareas con frecuencias mixtas en la presentación de estímulos (primera parte frecuencia baja de estímulos y segunda parte con frecuencia alta de estímulos, y viceversa).

Se observó que cuando la tarea cambiaba de una frecuencia alta hacia una baja, la eficiencia mejoraba.

Por otro lado, cuando la tarea cambiaba de frecuencia baja hacia una alta, la eficiencia continuaba bajando.

Estos resultados no siguen completamente la hipótesis de la habituación, ya que cualquier cambio en las características de los estímulos, debe producir una recuperación en la eficiencia de la vigilancia. En este caso, solo ante el cambio de frecuencia alta hacia una baja, mejoraba la eficiencia.

Por otra parte, los trabajos llevados a cabo por Haider *et al*, (1964) plantearon una relación más clara entre

la activación del sistema nervioso (arousal) y la caída de la vigilancia. En estos trabajos encontraron una disminución en la actividad eléctrica cortical paralela a la disminución de la eficiencia para detectar estímulos durante una tarea de vigilancia, a pesar de esto, dicha teoría del arousal continuaba siendo una teoría muy general la cual no explicaba cambios específicos en la ejecución. Un ejemplo de esto son los tiempos de reacción para responder. Se ha encontrado que cuando el criterio es conservador (tendencia a responder pocas veces la tecla "sí"), el TR para presionar la tecla "sí" es alto en comparación al TR para presionar la tecla "no". Esto sugiere que solo algunos procesos disminuyen su actividad (TR para tecla "no") mientras que otros continúan igual (TR para tecla "si"). Esto sugiere que el sistema nervioso no presenta una disminución general (Warm y Jerison, 1984).

Principales estructuras cerebrales que participan en la atención sostenida.

Una parte importante en el camino para conocer los procesos encargados de la atención sostenida, es la de identificar sus estructuras cerebrales.

Dos de los métodos más empleados para identificar

estructuras cerebrales relacionadas a la atención sostenida, han sido el método de lesión y el método de estimulación, además de nuevas técnicas de imagen como la resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés) y tomografías por emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés). Estas últimas son más recientes y básicamente captan imágenes con la actividad metabólica cerebral. Durante estos estudios, se correlaciona la actividad metabólica cerebral presentada ante una tarea. Con esto, se infiere sobre la participación de las estructuras cerebrales en los procesos cognoscitivos (Rains, 2004).

A continuación se describen de forma breve algunas de las estructuras centrales que participan en la atención sostenida.

a) Lóbulo frontal: Se ha encontrado que principalmente el área prefrontal del lóbulo derecho participa en el proceso de la atención sostenida (Wilkins, Shallice y McCarthy, 1987). Personas que han sufrido una lesión en esta zona, presentan mayor dificultad para llevar a cabo tareas de larga duración que las personas sin lesión. A través de estudios de

imagen, se ha observado que personas sin lesión, presentan gran activación del área prefrontal derecha durante una tarea de vigilancia (Coull, Frith, Frackowiak y Grasby, 1996). Según Posner y Patersen (1990) esta área cerebral forma parte del sistema anterior de la atención.

El lóbulo frontal tiene funciones generales del comportamiento tales como planear, establecimiento de metas, así como formar parte central en los procesos necesarios para llevar a cabo el inicio de una acción (Luria, 1973). Tomando en cuenta esto y que la atención sostenida implica el mantenimiento de la atención, es probable que el papel central del lóbulo frontal en la atención sostenida sea la de generar el esfuerzo para sostener nuestra atención sobre una tarea.

b) Lóbulo parietal: Por otro lado, también se ha encontrado que el lóbulo parietal es parte del sistema de la atención sostenida (Mennemeier, Chatterjee, Watson, Wertman, Carter y Heilman, 1994). Se ha visto que pacientes con lesiones en esta área presentan problemas para ejecutar una tarea de vigilancia. De igual forma, también se ha encontrado que dicha área

presenta una gran activación durante la ejecución de este tipo de tareas. (Lawrence, Ross, Hoffmann, Garavan y Stein, 2003).

Ya que la atención sostenida implica un conjunto de procesos, se considera que una de las funciones más importantes del parietal, es la de integrar tanto el aspecto selectivo de la atención como la capacidad de sostener dicho proceso a lo largo de una tarea.

c) *Áreas basales del cerebro:* Las principales áreas basales son el locus coeruleus, el tálamo, la formación reticular, así como zonas basales de la parte anterior del cerebro (núcleos basales, sustancia innominata, entre otros) (Sarter y Bruno, 1997). Estas estructuras conforman una red neuronal que se encarga de modular los niveles de actividad en diversas áreas cerebrales. Un concepto importante que se relaciona con estas zonas es el "arousal" o activación general del sistema nervioso central (Coull, 1998; Hernandez-Peon y Sterman, 1966).

Lesiones en estas áreas provocan estados de mucha somnolencia, además de la baja capacidad de mantener los procesos atencionales.

Interacción entre las estructuras cerebrales encargadas de la atención sostenida.

Las estructuras antes mencionadas integran el sistema neuronal encargado de la atención sostenida. Sin embargo, un elemento muy importante es la forma en que interactúan entre sí dichas estructuras.

En la literatura perteneciente a este campo de estudio, a menudo encontramos dos términos importantes que hacen referencia a esta dinámica cerebral de la atención sostenida: Procesamiento de arriba hacia abajo y procesamiento de abajo hacia arriba. Dichos términos denotan principalmente el origen y destino de una activación; en este caso cognitiva y neuronal (Frith, 2001).

a) Procesamiento de arriba hacia abajo (Top - down):

En términos cognitivos, un proceso de arriba hacia abajo, sería cuando dirigimos voluntariamente nuestra atención hacia algún objeto. También puede ser cuando permanecemos a la expectativa de algún suceso. En este sentido de activación, las metas juegan un papel importante. Por ejemplo, una meta durante una tarea de vigilancia, sería detectar la mayor cantidad de estímulos. En una tarea de vigilancia, el frontal juega

un papel central para mantener la actividad cortical durante la tarea, tanto de áreas sensoriales, como de memoria, entre otras.

En este sentido, la activación neuronal esta disparada o iniciada por regiones superiores del cerebro, principalmente en el lóbulo frontal. Una función importante del frontal es la de activar tanto zonas posteriores de la corteza como el parietal, así como áreas inferiores como los núcleos basales y la sustancia inominata (Sarter, Givens y Bruno, 2001). Las vías por las cuales el frontal activa dichas zonas se llaman vías colinérgicas, ya que el neurotransmisor llamado acetilcolina (Ach) es el principal comunicador (Sarter y Bruno, 1997).

Se ha observado que al bloquear este neurotransmisor, la eficiencia en tareas de vigilancia decae.

b) *Procesamiento de abajo hacia arriba (Bottom-up):*

En términos cognitivos, un proceso de abajo hacia arriba es provocado por estímulos sobresalientes en el medio ambiente, tales como un sonido fuerte, una luz muy brillante o alguna situación que atraiga nuestra atención sin llevar a cabo un esfuerzo para percibir

dichos estímulos (Sarter et al., 2001). Por lo tanto, la activación de abajo hacia arriba contribuye a que se lleven a cabo procesos más superiores como la percepción y detección del estímulo.

En este sentido, la activación neuronal se inicia a partir de estructuras inferiores como la formación reticular, el locus coeruleus, el tálamo, entre otras. Estas zonas a través de sus conexiones neuroquímicas, se encargan de activar zonas superiores del cerebro entre ellas el prefrontal y áreas parietales. En este sentido de activación; además de la Ach arriba mencionada, la noradrenalina (NA) juega un papel importante en la activación de abajo hacia arriba. Se considera que principalmente la NA está relacionada con en el concepto de arousal, ya que sus vías centrales se encuentran desde el locus coeruleus hacia zonas del tálamo (y de aquí hacia zonas posteriores de la corteza) y los núcleos basales (Marrocco, Witte y Davidson, 1994).

Por último podemos decir que la interacción entre ambos sistemas de activación o direcciones en la activación, conforman un solo sistema el cual juega un papel

central en la atención sostenida.

Ritmos circadianos y atención sostenida.

Otra área que ha estudiado los procesos cognoscitivos y en especial la atención sostenida, han sido los ritmos circadianos.

Al igual que la fisiología en el ser humano, los procesos cognoscitivos también están modulados por los ritmos circadianos. Existen trabajos que reportan variaciones circadianas en gran cantidad de tareas así como en procesos cognoscitivos. Los principales procesos cognoscitivos son la memoria, funciones ejecutivas y la atención (Carrier y Monk, 2000; Harrison, Jones y Waterhouse, 2007; Lavie, 1980; Ramírez, Talamantes, García, Morales, Valdez y Menna-Barreto, 2006; Schmidt *et al.*, 2007; Valdez, Ramírez, García, Talamantes, Armijo y Borrani, 2005; Valdez *et al.*, 2008).

Uno de los primeros investigadores que reportó variaciones circadianas en el nivel de atención sostenida fue Colquhoun (1971), quien a diferencia de Kleitman (1950), propuso que la ejecución en el ser

humano no se comporta de forma paralela al metabolismo general del cuerpo.

En la actualidad se han llevado a cabo estudios en condiciones de laboratorio en donde se incluyen tareas para medir la vigilancia. Una de las tareas más empleadas para medir las variaciones circadianas en la atención sostenida ha sido la "tarea psicomotora de vigilancia" (Schmidt *et al.*, 2007). Dicha tarea dura alrededor de 10 minutos y consiste en presionar lo más rápido posible un botón cada vez que aparece un estímulo sobre la pantalla. En esta tarea se mide principalmente el tiempo de reacción sobre cada estímulo (se ha demostrado que el TR aumenta conforme transcurre la tarea) (Roach, Dawson y Lamond, 2006). A pesar de esto, dicha tarea presenta un problema importante el cual consiste en la poca cantidad de estímulos presentados y por lo tanto un muestreo bajo de la cantidad de respuestas. Por otro lado, también presenta el problema de que los intervalos inter-estímulos pueden llegar a ser muy largos. En algunas versiones estos intervalos pueden durar desde algunos segundos hasta minutos.

Otro problema importante en muchos de los artículos que

emplean esta tarea, se refiere a los indicadores de la vigilancia analizados. Por lo general se reportan los tiempos de reacción, un porcentaje del extremo (lento o rápido) de la distribución de los tiempos de reacción o las omisiones (Graw, Krauchi, Knoblauch, Wirz-Justice y Cajochen, 2004; Schmidt *et al.*, 2007; Wright *et al.*, 2002). Estos indicadores no son claros para medir la atención sostenida, ya que lo importante no es solo la amplitud del TR, sino el patrón de esta amplitud con relación al transcurso en la tarea. Es decir, una forma más apropiada para medir el sostenimiento de la atención sería obtener el coeficiente de caída en dichos tiempos de reacción o en los errores a lo largo de la tarea (Cohen y Sparling-Cohen, 1993).

El presente trabajo busca determinar las variaciones circadianas en tres indicadores de la atención sostenida empleando una tarea de ejecución continua (Beck, Bransome, Mirsky, Rosvold y Sarason, 1956; Riccio, Reynolds, Lowe y Moore, 2002). Estos indicadores pretenden medir aspectos básicos de la atención sostenida.

El primer indicador se refiere a la tendencia (decremento o aumento en la eficiencia a través de una

regresión lineal) que presenta la ejecución a lo largo de la tarea. El segundo indicador se refiere a la constancia en la ejecución (grado de dispersión de las respuestas en la tarea a través de la desviación estándar). Un tercer indicador de la atención sostenida son los lapsos atencionales. Estos se refieren a la cantidad de errores continuos que presenta una persona (2-3 errores continuos, 4-5 errores continuos, 5< errores continuos). La presencia de pocos lapsos atencionales nos indica que la persona tuvo buena atención sostenida, mientras que la frecuencia de muchos lapsos atencionales significa poca atención sostenida (Smith *et al.*, 2002).

Los tres indicadores propuestos arriba, serán comparados en diferentes puntos del día para determinar las variaciones circadianas.

CAPITULO IV - Método

Tipo de diseño

Diseño no experimental, de grupo pequeño y con series de tiempo.

No experimental, ya que el tipo de muestra es no probabilística (dirigida) con participantes voluntarios.

De grupo pequeño, ya que el presente trabajo no pretende estandarizar la ocurrencia del fenómeno en una población, en cambio, lo que se busca es identificar la existencia de variaciones circadianas en la atención sostenida.

De series de tiempo, ya que cada indicador se registra en varias ocasiones a través del tiempo, por lo tanto, el registro y análisis de cada uno de los indicadores toma en cuenta la variable tiempo (Kerlinger y Lee, 2002, pp. 491-501).

Participantes

Participaron 18 mujeres con un promedio de edad de 18 años (desviación estándar = 1.3), sin embargo, los resultados finales del presente trabajo se obtuvieron en base a 8 mujeres con un promedio de edad de 17.5 años (desviación estándar = .92). Las 8 participantes cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

a) Criterios de inclusión

1. Ser estudiantes universitarias: Ya que los años de escolaridad pueden modificar el nivel de ejecución, se trató de conseguir un grupo homogéneo en cuanto a esta variable.

2. Que no trabajaran entre semana ni en fin de semana: Para analizar este criterio se utilizó la encuesta de datos generales. Los cambios de horarios en la actividad modifican el reloj circadiano, por lo tanto, es importante cuidar este aspecto ya que puede ser una

fuentes de variabilidad al momento de analizar los datos.

3. Que asistieran a clases en el turno matutino: Para cuidar este criterio de inclusión, solo se invitó a los participantes de dicho turno. Es importante que todos los participantes tengan el mismo horario de actividades ya que esta puede modificar los ritmos circadianos en el organismo.

4. Que tuvieran un patrón de dormir-despertar similar entre ellas: Este criterio se midió a través del diario del dormir. Cumplir este criterio tiene la misma función que el criterio anterior. Reducir la variabilidad ocasionada por la diferencia de fase en el reloj circadiano.

5. Que sus cronotipo fuera intermedio: Para cuidar que se cumpliera este criterio, se aplicó la escala de Madrugadores-Trasnochadores. Ya que el cronotipo se relaciona con la fase circadiana, se buscó mantener un grupo homogéneo para reducir la variabilidad por las diferencias de fase.

b) Criterios de exclusión

1. Personas con problemas de salud graves ocasionados por lesiones cerebrales: Este criterio se analizó a través de la encuesta de datos generales. Es importante cuidar este factor ya que las lesiones cerebrales pueden afectar el rendimiento cognitivo.

2. Trastornos del sueño: Este criterio se analizó por medio del cuestionario de trastornos del sueño. La presencia de algún síntoma de trastornos en el sueño sugiere que la persona no tiene horarios de dormir regulares, por lo tanto los ritmos circadianos pueden estar afectados.

3. Consumo de medicamentos que alteren los procesos cognoscitivos: Este criterio se analizó a través de la encuesta de datos generales así como del diario del dormir. Algunos tratamientos médicos o drogas pueden alterar el funcionamiento del sistema nervioso y por lo tanto modificar el rendimiento cognoscitivo.

4. Estar en la fase de su periodo menstrual correspondiente a partir de 5 días antes y hasta 5 días después del primer día de su menstruación: Este criterio se analizó a través de la encuesta de datos generales. Estar durante o cerca del periodo menstrual, significa que la temperatura corporal de las participantes se encuentra con mayor amplitud, por lo tanto, para evitar variabilidad en los datos es importante cuidar este criterio.

Instrumentos

Para determinar que las participantes cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión requeridos, se les aplicaron algunos cuestionarios y escalas. Para evaluar las variaciones circadianas en la atención sostenida se utilizó una tarea de ejecución continua, por último, para registrar la temperatura rectal se utilizó un Minilogger.

A continuación se describirán cada uno en estos instrumentos.

Cuestionarios

a) Datos Generales: Por medio de este cuestionario se recaba información como la edad del participante, período del ciclo menstrual y condiciones generales de salud. Esta escala no tiene estudios que reporten un índice de validez, sin embargo muchos de los trabajos en lo que participan seres humanos se utilizan este tipo de encuestas para recabar dicha información (Valdez, 2005).

b) Cuestionario de Trastornos del sueño: Este cuestionario está diseñado para detectar problemas del dormir como insomnios y parasomnios. Se emplea con frecuencia en el campo clínico y de investigación para recabar información que pueda indicar síntomas de dichos trastornos. Este cuestionario está construido en base a la teoría respecto a los desordenes del dormir, sin embargo no se tienen datos acerca de su validez y confiabilidad (Téllez, 1998; Valdez et al., 1998).

c) Diario del dormir: Este diario contiene preguntas para conocer la actividad del ciclo vigilia-sueño (hora

de dormir y despertarse), así como de la ingesta de sustancias que alteren el sistema nervioso. En cuanto a la validez de este instrumento, se ha encontrado una correlación significativa entre la actividad motora registrada por un "actígrafo" y el diario del dormir (Lockley, Skene y Ardent, 1999). Esto, según Kerlinger y Lee (2002), se refiere a una validez de criterio ya que dicha escala tiene una correlación aceptable tanto para el inicio del dormir ($r = 0.77$, $n = 1150$) como para la terminación del dormir ($r = 0.88$, $n = 1150$) con otro criterio (actividad motora). En cuanto a la confiabilidad, se ha encontrado que al registrar el inicio y terminación del dormir, presenta una desviación estándar de 34 min y 30 min respectivamente, al comparar los mismos días de la semana en diferentes semanas (Valdez, Ramírez y García, 1996). A pesar de esto, no se tiene datos específicos acerca de su confiabilidad.

d) Escala de Madrugaadores - Trasnochadores

(cronotipo): Una versión en español de la Escala de Madrugaadores-Trasnochadores de Horne y Ostberg (1976) la cual se emplea para conocer la tendencia de horarios

(hacia la mañana o hacia la noche) en que la persona prefiere llevar a cabo ciertas actividades tales como: acostarte a dormir, despertar, trabajar y resolver problemas, entre otras (Valdez *et al.*, 1998). Esta escala presenta una correlación significativa entre el punto más alto de temperatura y los puntajes arrojados por la escala ($r = -0.51$, $p < 0.01$), además también se encontró que la hora de dormir ($r = -0.67$, $p < 0.001$) y la hora de despertar ($r = -0.79$, $p < 0.001$) se correlacionaron con los puntajes obtenidos a través de la escala. Esto quiere decir que cuando la escala arroja un puntaje de trasnochador, el nivel máximo de la temperatura se encuentra mas tarde que el nivel máximo de temperatura de personas con puntajes correspondientes a ser madrugador. Con lo anterior, se considera que la escala presenta una validez de criterio aceptable (Horne y Ostberg, 1976). A pesar de que esta escala se utiliza frecuentemente en el medio clínico, laboral y de investigación, no se tienen datos acerca de la confiabilidad para esta versión.

Aparatos

a) Minimitter Co.: Los datos de temperatura rectal se obtuvieron por medio de una sonda rectal (Steriprobe 491B), conectada a un recolector de datos digital Mini-Logger 2000 (Minimitter Co.).

b) Superlab Pro (software): Este programa se utilizó para aplicar la tarea de ejecución continua (Cedrus, 1999), el cual permite presentar estímulos visuales específicos en el monitor de una computadora con intervalos predeterminados entre cada estímulo. Además, permite registrar las respuestas del participante y el tiempo que tarda en contestar. La precisión de registro es de milisegundos. Este programa se presentó a través de una computadora de escritorio PC compatible, con un procesador Pentium III o superior, con un monitor de 14" y con una resolución de 800x600 píxeles.

Tarea de ejecución continua

Para medir los indicadores de la atención sostenida se utilizó una tarea de ejecución continua (Beck *et al.*, 1956; Riccio *et al.*, 2002). Esta tarea, tiene una duración de 11 minutos y 45 segundos durante los cuales se presentan diferentes números de un dígito, al centro de la pantalla. Las participantes tenían que oprimir la tecla "1" con su dedo índice cuando aparecía en la pantalla cualquier número del 0 al 8; la tecla "2" con el dedo medio cuando aparecía el número 9; si después de aparecer un 9, inmediatamente aparecía un 4, la participante tenían que responder con el dedo anular a la tecla "3", por último, si después de aparecer un 9 en la pantalla aparecía un número diferente a 4, tenían que presionar la tecla "1" con el dedo índice (Valdez *et al.*, 2005).

El tiempo de presentación para cada estímulo fue de 100 ms seguido por un intervalo variable entre los estímulos de 1000, 1100, 1200, 1300 o 1400 ms. De esta forma, las participantes no saben el momento exacto de la aparición del estímulo lo cual se evita la automatización de la respuesta.

La tarea de ejecución continua presenta una alta correlación con la presencia de daños neurológicos en pacientes con problemas en la atención sostenida (Beck *et al.*, 1956; Schein, 1962). Además, es una de las tareas que se emplean con mayor frecuencia en el ámbito científico y clínico para estudiar este proceso cognoscitivo (Riccio *et al.*, 2002). Por lo tanto, esta tarea tiene una validez de criterio aceptable. Algunos autores han aplicado distintas versiones de esta tarea, con las cuales se han obtenido los mismos resultados a través de las diferentes versiones (Hsieh, Chu, Yang, Yang, Yeh, Lee y Chen, 2005; Riccio *et al.*, 2002).

VARIABLES ANALIZADAS EN EL PRESENTE TRABAJO

En esta tesis se medirán tres variables a través de sus respectivos indicadores:

1) Temperatura central del cuerpo.

Uno de los indicadores más confiables de esta variable es medir la temperatura rectal, con lo cual es posible determinar la presencia de un oscilador circadiano.

2) Nivel de eficiencia en la ejecución general

- a. Tiempo de reacción de respuestas correctas
- b. Precisión (porcentaje de correctas)

3) Nivel de atención sostenida

- a) Tendencia de la ejecución (regresión lineal de los datos a lo largo de la tarea)
 - 1) Tiempo de reacción
 - 2) Precisión (porcentaje de respuestas correctas)

- b) Constancia en la ejecución (variabilidad de las respuestas la cual se determina a través de obtener la desviación estándar de los datos)
 - 1) Tiempo de reacción
 - 2) Precisión

- c) Lapsos atencionales (cantidad de errores cometidos de forma continua)
 - 1) 2-3 errores continuos
 - 2) 4-5 errores continuos
 - 3) 5< errores continuos

Procedimiento

Etapa 1.- Se invitó a mujeres universitarias a participar en el estudio. Las alumnas interesadas, acudieron a las instalaciones del laboratorio donde recibieron una descripción acerca del estudio. Posteriormente, quienes decidieron entrar a registro, firmaron una carta de consentimiento de participación voluntaria (las participantes menores de edad presentaron la autorización escrita del padre o tutor). En ese momento, también se les pidió que llenaran un cuestionario con sus datos generales (nombre, edad, periodo menstrual, así como información para contactar al participante) y otro de trastornos del sueño (problemas de insomnio y parasomnio). También se les aplicó una escala de Madrugadores - Trasnocchadores (cronotipo). Estos cuestionarios y la escala se emplearon para escoger a las participantes con mejor ajuste a los criterios de inclusión y exclusión (mencionados al principio del capítulo).

Etapa 2.- Durante esta etapa del registro participaron 18 mujeres. Contestaron diarios del dormir (horario de

vigilia - sueño, así como el reporte de ingesta de sustancias que alteran el sistema nervioso) durante 11 días previos al día del registro. Así mismo, un día antes del registro asistieron a una sesión de entrenamiento para adaptarse a las condiciones de laboratorio.

Etapas 3.- En esta etapa participaron 15 mujeres ya que tres de ellas cancelaron la sesión final de registro, sin embargo, los resultados finales sólo incluyen 8 participantes ya que cinco de ellas presentaron problemas en la recopilación de los datos de temperatura y 2 de las participantes presentaron una fase diferente en su temperatura corporal, una presentó un adelanto de fase de 3:40 h y otra un retraso de fase de 5:11 h.

Durante esta etapa, cada participante se registró en una cámara de condiciones constantes a partir de las 12:00 h del día durante 30 horas continuas. En esta cámara se mantuvo la iluminación, la temperatura, el sonido, la postura reclinada a 45° durante todo el registro, además se le proporcionó la cantidad de calorías correspondientes por cada hora (total de

calorías en un día entre 24). Durante cada hora se aplicó la tarea de ejecución continua. Al finalizar la tarea, se les proporcionó la cantidad de calorías proporcional a una hora y después de ingerir sus alimentos, las participantes podían ir al baño, así como platicar, leer o escuchar música. Los datos de temperatura fueron recopilados automáticamente cada minuto durante todo el registro (Fig. 3).

Etapas 4.- Posterior a la rutina constante, se les pidió a las participantes que permanecieran al menos por hora en las instalaciones del laboratorio. Aquí se les proporcionó alimentos y se les pidió que relataran su experiencia durante el registro (ver Fig. 3).



Figura 3.- Procedimiento de la investigación, el cual abarca desde el momento que se seleccionaron a los participantes hasta el momento en que terminaron el registro de rutina constante.

Análisis de datos

Para determinar la presencia de variaciones circadianas en los datos de temperatura rectal de cada sujeto, se usó la técnica Cosinor. Esta técnica consiste en ajustar los datos a una curva sinusoidal correspondiente a 24 horas. De esta forma se obtiene un índice de ajuste (%R) (Minors y Waterhouse, 1988).

Para determinar las variaciones circadianas de los indicadores del nivel de ejecución general, así como de los indicadores de la atención sostenida (Tendencia de la ejecución, Constancia en la ejecución y Lapsos atencionales), se obtuvieron los datos brutos y se suavizaron mediante la técnica de medias móviles (3 puntos), se les restó la tendencia lineal, y se le sumó una constante que corresponde al promedio de los datos brutos. Para poder determinar variaciones circadianas en los datos, es importante restar la tendencia lineal que se presenta a lo largo del día para "separar" la influencia del proceso homeostático (caída a lo largo del día) de los ritmos circadianos (sinusoidal).

Posteriormente estos datos fueron analizados mediante la técnica estadística no paramétrica Friedman ANOVA.

CAPITULO IV - Resultados

Variaciones circadianas en la temperatura rectal

Se encontró que la temperatura rectal de cada una de las ocho participantes presentó variaciones circadianas. Todas las participantes tuvieron un ajuste sinusoidal con una probabilidad de error menor a 0.001 (tabla 1). Con esto se determinó la presencia de un oscilador circadiano en cada participante. Además, se observó el punto más bajo de temperatura alrededor de las 04:00 horas (figura 4).

Tabla 1.- Valor de ajuste de la temperatura rectal a una curva sinusoidal de 24 horas. Se utilizó el método Cosinor.

Participante	% R	<i>p</i> <
1	62.49	***
2	55.19	***
3	80.85	***
4	51.53	***
5	36.93	***
6	78.60	***
7	83.69	***
8	77.67	***

*** *p* <001; % R = porcentaje de ajuste.

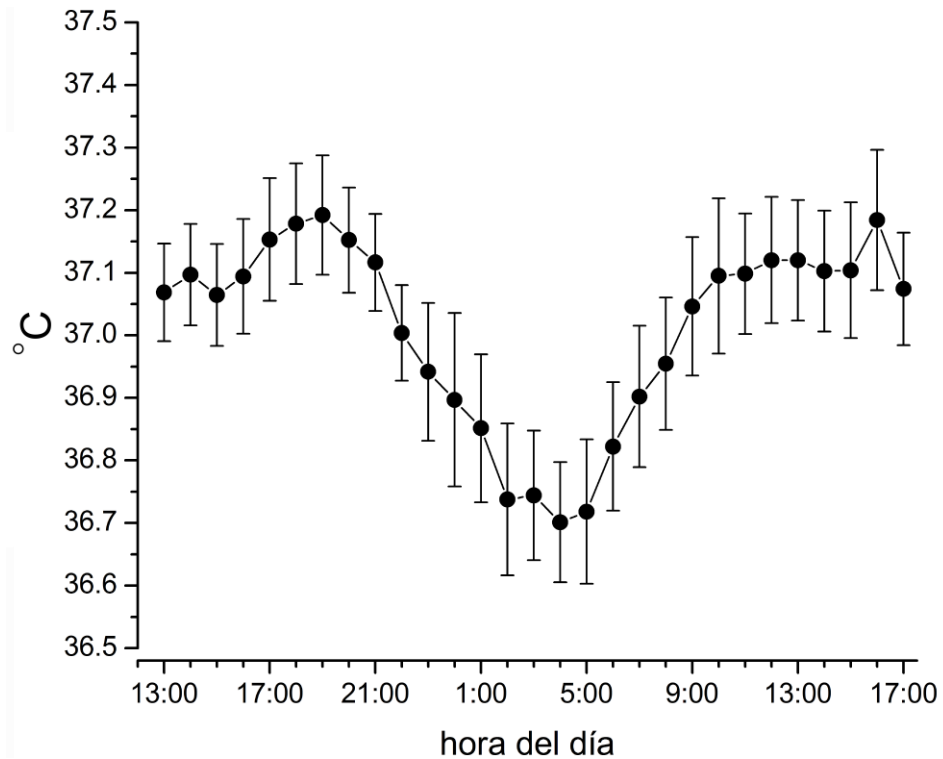


Figura 4.- Promedio de la temperatura rectal de las 8 participantes. En la gráfica se muestra el registro de temperatura rectal cada dos horas. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar.

Variaciones circadianas en el nivel de eficiencia general.

Se encontraron variaciones circadianas tanto en el tiempo de reacción (TR) como en la precisión (correctas) del nivel de eficiencia general.

El TR de datos brutos ($Friedman = 79.80$, $gl = 21$, $p < 0.001$) así como el TR de datos sin tendencia lineal ($Friedman = 45.87$, $gl = 19$, $p < 0.001$) presentaron diferencias a lo largo del día. Las horas de mayor rapidez para responder fueron entre las 18:00 y 20:00 horas, mientras que las horas en donde las participantes respondieron más lento fueron entre las 4:00 y 6:00 horas (figura 5).

De igual forma, la precisión de datos brutos (% correctas) ($Friedman = 63.47$, $gl = 21$, $p < 0.001$) y de datos sin tendencia lineal ($Friedman = 39.04$, $gl = 19$, $p < 0.01$) presentaron diferencias a lo largo del día. Las horas con mayor precisión para responder se presentaron entre las 20:00 y 22:00 horas. Las horas con menor precisión fueron entre las 3:00 y 5:00 horas (figura 5).

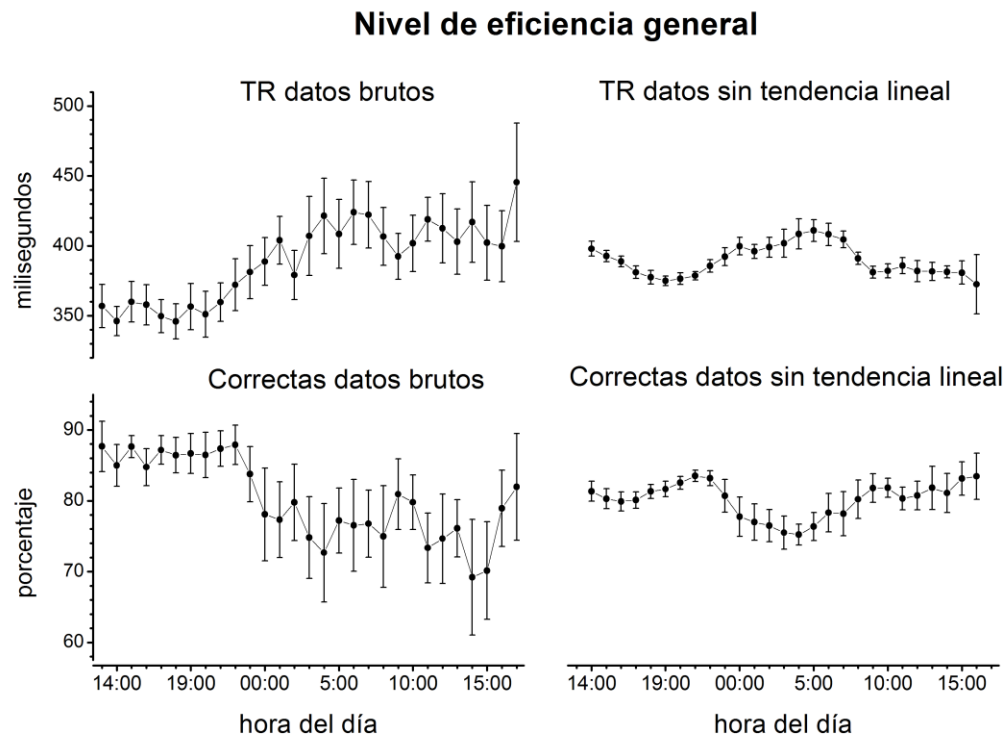


Figura 5.- Tiempo de reacción (TR) y nivel de eficiencia general. A la izquierda se presentan los datos brutos y a la derecha los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que la mejor ejecución ocurrió alrededor de las 20:00 horas, mientras que la peor ejecución alrededor de las 04:00 horas.

Variaciones circadianas en los indicadores de la atención sostenida.

Tendencia de la ejecución

No se presentaron diferencias a lo largo del día en la tendencia del TR de datos brutos (*Friedman* = 21.90, *gl* = 21, NS), ni la tendencia del TR sin tendencia lineal (*Friedman* = 13.14, *gl* = 19, NS (tabla 2)).

Por otro lado, la tendencia de la precisión de datos brutos presentó cambios a lo largo del día (*Friedman* = 50.04, *gl* = 21, $p < 0.001$), sin embargo la tendencia de la precisión sin tendencia lineal, no presentó cambios en el día (*Friedman* = 15.29, *gl* = 19, NS). Estos datos indican que la tendencia de la ejecución presenta una caída constante a lo largo del registro, pero no presenta variaciones circadianas (figura 6).

Tabla 2.- Datos estadísticos ANOVA de Friedman (no paramétrica) de cada indicador de la ejecución. Datos brutos = 21 gl; Datos sin tendencia lineal = 19 gl.

Indicadores de la Ejecución		Datos brutos		Datos sin tendencia lineal	
		Friedman	p<	Friedman	p<
Eficiencia general	TR	79.80	***	45.87	***
	Precisión	62.47	***	39.04	**
Tendencia de la ejecución	TR	21.90	ns	13.14	ns
	Precisión	50.04	***	15.29	ns
Constancia en la ejecución	TR	93.84	***	54.18	***
	Precisión	113.27	***	49.35	***
Lapsos atencionales	2-3 errores continuos	88.78	***	75.83	***
	4-5 errores continuos	73.65	***	56.51	***
	6-15 errores continuos	82.36	***	67.60	***
	Errores aislados	20.77	ns	28.92	a

^a p = 0.06; ** p < 0.01; *** p < 0.001, ns = no significativo (p > 0.05).

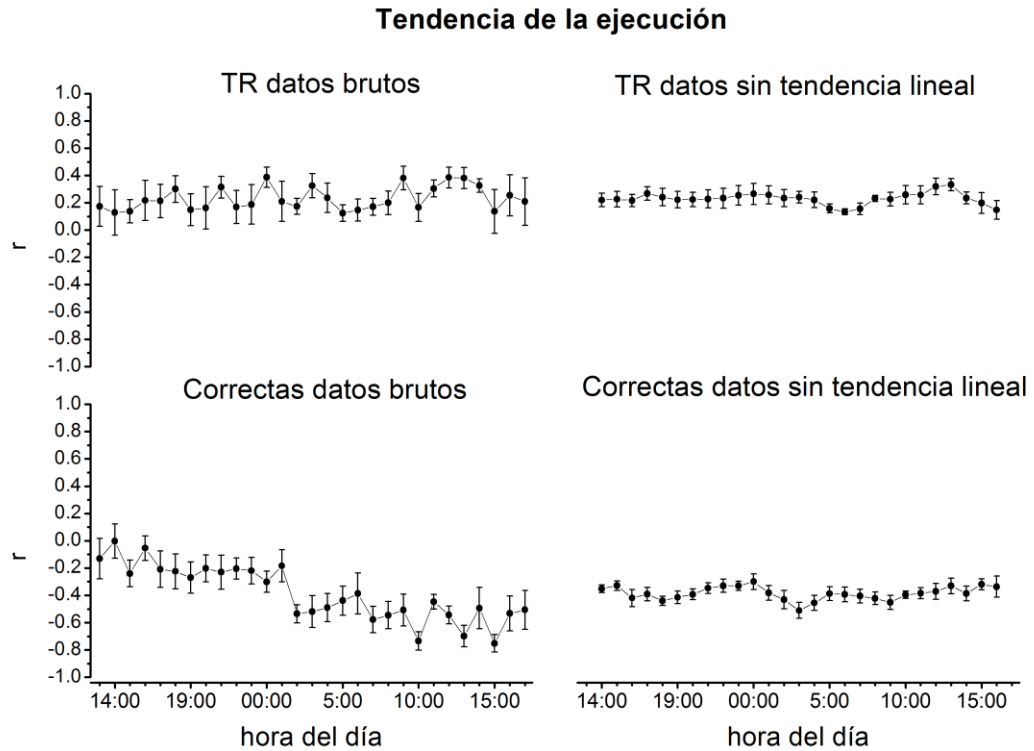


Figura 6.- Tendencia del tiempo de reacción (TR) y tendencia de la precisión. (correctas) A la izquierda se presentan los datos brutos y a la derecha los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que el tiempo de reacción no presentó cambios a lo largo del registro. Por otro lado, solo los datos brutos de la precisión mostraron cambios a lo largo del día.

Constancia en la ejecución

Ambos indicadores de constancia en la ejecución, el TR y precisión presentaron variaciones circadianas.

La constancia del TR (desviación estándar) de datos brutos (*Friedman* = 93.84, *gl* = 21, $p < 0.001$) como los datos sin tendencia lineal (*Friedman* = 54.18, *gl* = 19, $p < 0.001$) presentaron cambios a lo largo del día. Las horas en que se presentó una mayor constancia en el TR (desviación estándar menor) fueron entre las 18:00 y 20:00 horas, mientras que las horas de menor constancia en el TR (desviación estándar mayor) fueron entre las 04:00 y 06:00 horas.

La constancia en la precisión: tanto en datos brutos (*Friedman* = 113.27, *gl* = 21, $p < 0.001$) como en datos sin tendencia lineal (*Friedman* = 49.35, *gl* = 19, $p < 0.001$) presentaron cambios a lo largo del día (tabla 2). Las horas en que se presentó más constancia en la precisión (desviación estándar menor) fue entre las 21:00 y 23:00 horas, mientras que las hora de menor constancia (desviación estándar mayor) fueron entre las 4:00 y 6:00 horas (figura 7).

Constancia en la ejecución

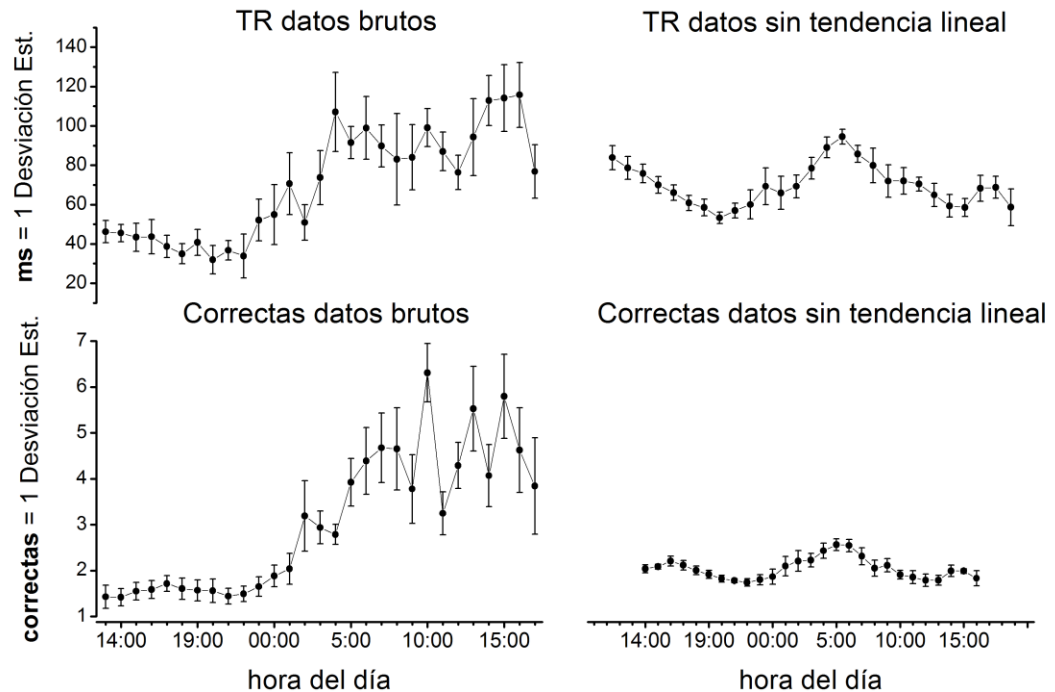


Figura 7.- Constancia de la ejecución del tiempo de reacción (TR) y constancia de la ejecución en la precisión. Del lado izquierdo se presentan los datos brutos y del lado derecho se presentan los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. El eje de las X corresponde a los valores de una desviación estándar. Alrededor de las 20:00 horas se presentó la mayor constancia en la ejecución, mientras que alrededor de las 04:00 horas se presentó la menor constancia en la ejecución.

Lapsos atencionales

Todos los tipos de errores continuos presentaron variaciones circadianas.

Los datos brutos de lapsos atencionales de 2 y 3 errores continuos ($Friedman = 88.78, gl = 21, p < 0.001$), de 4 y 5 errores continuos ($Friedman = 73.65, gl = 21, p < 0.001$), así como los lapsos mayores de 5 errores continuos ($Friedman = 82.36, gl = 21, p < 0.001$), presentaron diferencias a lo largo del día (Figura 8).

Los datos de lapsos sin tendencia lineal de 2 y 3 errores continuos ($Friedman = 75.83, gl = 19, p < .001$), 4 y 5 errores continuos ($Friedman = 56.51, gl = 19, p < 0.001$), así como los lapsos mayores de 5 errores continuos ($Friedman = 67.60, gl = 19, p < 0.001$) también presentaron diferencias a lo largo del día. Las horas en que se presentó el menor número de errores continuos fueron alrededor de las 21:00 horas. Mientras que entre las 3:00 y 6:00 horas se presentó el mayor número de errores continuos (Figura 8).

También se analizaron los errores aislados los cuales no presentaron diferencias tanto en datos brutos

(*Friedman* = 20.77, *gl* = 21, NS) como en datos sin
tendencia lineal (*Friedman* = 28.92, *gl* = 19, NS)
(Figura 8).

Lapsos atencionales

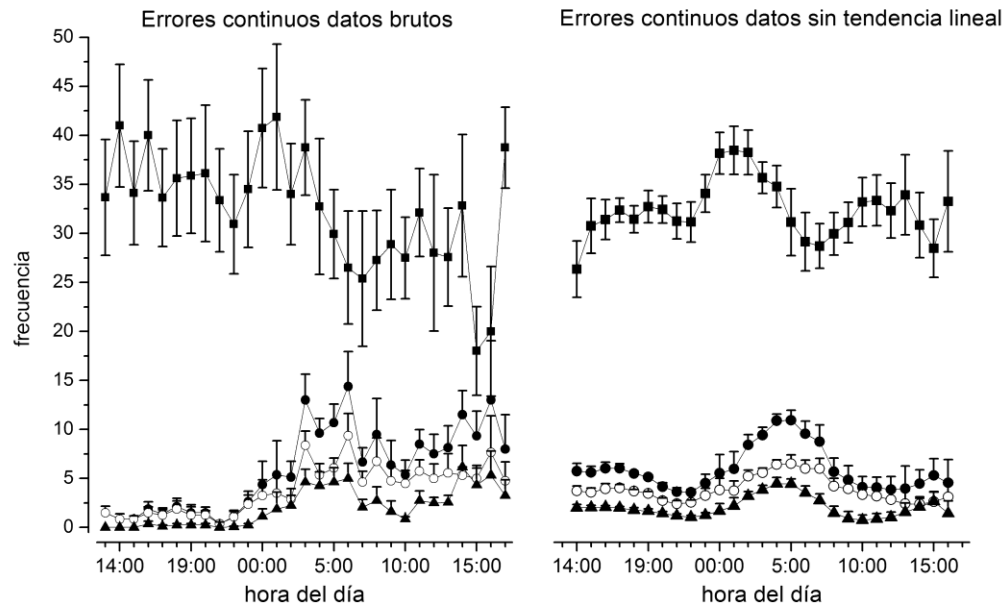


Figura 8.- En la parte superior de la gráfica se presentan los errores individuales (cuadros), mientras que en la parte inferior se presentan los lapsos atencionales (errores de 2-3; círculos cerrados, 4-5; círculos abiertos y errores mayores de 5; triángulos). En la parte izquierda se presentan los datos brutos y en la parte derecha se presentan los datos sin tendencia lineal (medias móviles 3 pts., sin tendencia lineal). Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que solo los errores brutos individuales presentan diferencias a lo largo del día. Por otro lado, los lapsos atencionales tanto en datos brutos como en datos sin tendencia lineal presentan cambios a lo largo del día.

CAPITULO V - Discusión y conclusión

La temperatura central mostró variaciones circadianas en cada participante. Presentó su nivel más bajo alrededor de las 04:00 horas. La presencia de variaciones circadianas en la temperatura nos muestra que todas las participantes presentaron ritmos circadianos en al menos en unos de los indicadores centrales del sistema fisiológico. La presencia de variaciones en la temperatura en dichas condiciones de registro (control de temperatura, luz, ruido, ingesta de calorías, actividad física, no dormir) implica que las variaciones en la temperatura son producto de un "reloj" endógeno y no un producto de las oscilaciones del medio ambiente (Czeisler *et al.*, 1999).

El nivel de ejecución general también presentó variaciones circadianas; tanto el TR como la precisión. Con esto podemos concluir que al menos algunos procesos cognoscitivos están variando circadianamente. A pesar de que ambos indicadores de la ejecución varían circadianamente, no se presenta exactamente el mismo patrón en los datos. Es decir, que los puntos máximos y mínimos no suceden durante la misma hora del día para

ambos indicadores. Esto ya se ha reportado en la literatura, Valdez *et al.*, (2005) encontró diferencias de fase entre la temperatura central, el TR y la precisión en los componentes de la atención. A partir de esto, podemos sugerir que no todos los procesos cognoscitivos presentan exactamente las mismas características en sus variaciones circadianas. Por lo tanto, podemos pensar que no todos los procesos cognoscitivos; y por lo tanto neurofisiológicos, están modulados de igual forma por los ritmos circadianos.

Por otro lado, el indicador de la constancia en la ejecución presentó variaciones circadianas. Su nivel de mayor constancia sucedió alrededor de las 21:00 horas (considerando TR y precisión) y su punto de menor constancia alrededor de las 5:00 horas. Esto sugiere que durante horas de la tarde - noche las personas no varían mucho la velocidad y la precisión con que responden. Mientras que en horas de la madrugada - mañana, la variación de sus respuestas es mayor. Esto significa que durante el día, la mayoría de sus respuestas tienen aproximadamente la misma velocidad. En cambio, durante la madrugada, la velocidad de respuesta en ocasiones es baja, en otras es lenta y en

otras es rápida. La precisión de respuesta presenta el mismo patrón (alta durante el día y muy variable durante la madrugada).

El indicador de lapsos atencionales (2-3, 4-5 y 5< errores continuos) presentó variaciones circadianas. Las horas de menor frecuencia de lapsos atencionales fueron principalmente alrededor de las 21:00 horas. Mientras que la mayor frecuencia de lapsos atencionales fue durante la madrugada alrededor de las 4:00 y 05:00 horas. Los lapsos atencionales pueden traducirse en periodos de tiempo, por lo tanto podemos decir que las personas presentan una mayor frecuencia de momentos en los que su atención sostenida es muy baja o deficiente. Los errores individuales se analizaron como una parte complementaria a los lapsos atencionales. Estos errores, a pesar de que no presentan diferencias claras a lo largo del día ($p < 0.07$), en la grafica 8 podemos apreciar que alrededor de las 23:00 horas existe un aumento y posteriormente un decremento en su frecuencia. El aumento en los errores individuales inicia durante las horas en que los lapsos atencionales no son frecuentes, mientras que su decremento se presenta cuando los lapsos atencionales incrementan.

Esta relación entre los errores individuales y los lapsos atencionales puede sugerir al menos tres etapas o niveles por las que atraviesa el la atención sostenida: 1) nivel alto en el sostenimiento de la atención, que se refiere a una frecuencia media de errores individuales junto con una frecuencia baja de lapsos atencionales. Esto lo podemos observar durante las primeras horas de registro. 2) nivel medio en el sostenimiento de la atención, que se refiere a una frecuencia alta de errores individuales junto con una frecuencia media de lapsos atencionales (alrededor de las 24:00 horas). 3) nivel bajo en el sostenimiento de la atención, que se refiere a una frecuencia baja de errores aislados junto con una frecuencia alta de lapsos atencionales (alrededor de las 05:00 horas). Por último, al final de la gráfica se observa una relativa recuperación que tiende hacia un patrón similar al paso 1 (nivel alto).

Por lo tanto, los resultados acerca de los lapsos atencionales junto con los errores individuales, indican que el nivel de atención sostenida es más bajo durante la madrugada, precedido por un nivel alto de errores individuales. La frecuencia alta de errores

individuales puede servir como indicador de que la atención sostenida está a punto de llegar a su nivel más bajo.

Por otro lado, la tendencia en la ejecución no presentó variaciones circadianas en ninguno de sus indicadores (TR y precisión). Sin embargo, presentó una caída a lo largo del día. Esta caída sugiere que la tendencia en la ejecución está modulada principalmente por un proceso homeostático (proceso acumulativo) (Borbély, 1982). En términos de ejecución, esto significa que conforme pasan las horas, la precisión decae más rápidamente a lo largo de la tarea.

Por otro lado, la tendencia en el TR no presentó variaciones circadianas ni una influencia homeostática. Esto puede ser debido a que los procesos cognoscitivos implicados en este indicador dependan de estructuras fisiológicas los cuales no varían en su nivel de actividad a lo largo de 24 horas. Otra posibilidad es que los procesos cognoscitivos implicados tengan un mecanismo de compensación en la respuesta. Esto puede ser como una estrategia en la forma de responder, en la cual el TR se mantiene a lo largo de las horas.

Tomando en cuenta los tres indicadores de la atención sostenida vemos que solo dos indicadores presentaron variaciones circadianas y el tercero presentó principalmente una influencia homeostática.

Esto sugiere que los tres indicadores de la atención sostenida no se encuentran modulados de igual forma por los ritmos circadianos. Esto puede tener implicaciones dentro del campo de estudio, ya que los datos sugiere que el reloj circadiano no rige por igual a todos los procesos cognoscitivos y por lo tanto a todas las estructuras neurofisiológicas.

Estos resultados se oponen a la hipótesis propuesta por Kleitman (1950), la cual plantea que es posible predecir las variaciones en la ejecución a través de las variaciones que presenta la temperatura corporal. Esta hipótesis radica en considerar que existe una dependencia directa entre el metabolismo y la ejecución. Por lo tanto, siguiendo esta lógica, podemos pensar que si el metabolismo presenta variaciones circadianas (temperatura corporal), todos los procesos cognoscitivos también presentarán variaciones circadianas.

A diferencia de la hipótesis de Kleitman, los

resultados propuestos en este trabajo muestran que al menos un indicador de la atención sostenida no presenta variaciones circadianas y por lo tanto no adopta el mismo patrón que la temperatura corporal. Esto sugiere al menos, que el metabolismo no es el único modulador de los procesos cognoscitivos. Otra hipótesis puede ser la de que el metabolismo no es un buen indicador del nivel eficiencia de los procesos cognoscitivos.

Todo esto deja preguntas abiertas como: ¿Cuáles procesos fisiológicos de la atención sostenida se acoplan principalmente al reloj circadiano y cuáles no?, ¿Tiene una ventaja evolutiva el hecho de que solo algunos procesos cognoscitivos presenten variaciones circadianas? Una hipótesis a esta última pregunta puede ser que los procesos que no presentan variaciones circadianas nos den la capacidad de poder generar algunas respuestas básicas ante el medio, incluso durante las horas correspondientes al punto circadiano más bajo (punto del ciclo con menor disponibilidad de procesos cognoscitivos). Es decir, si todos los procesos cognoscitivos tuvieran variaciones circadianas, despertar en la madrugada y responder ante

alguna emergencia, sería mucho más complicado de lo que es. De igual forma, tampoco podríamos permanecer despiertos por más de 24 horas.

Por último, es importante seguir investigando acerca de los ritmos circadianos y los procesos cognoscitivos del ser humano. Este conocimiento puede tener un amplio impacto en muchas de las áreas de la vida cotidiana tales como el campo laboral, educativo, incluso en el campo de salud. Un impacto en lo laboral, podría ser el hecho de establecer condiciones más favorables de seguridad, tanto del personal laboral como de las personas en general. Por ejemplo, trabajos relacionados con los transportes de pasajeros; aéreos y terrestres, transporte de materiales contaminantes o peligrosos como gasolinas o petróleo. Se sabe que muchos de los accidentes automovilísticos, de control aéreo, de transporte en general, tienen una mayor frecuencia durante las horas de la madrugada (Folkard, Lombardi y Spencer, 2006; Lenne, Triggs y Redman, 1997). Por lo tanto, conocer la forma en que las variaciones circadianas del sistema cognoscitivo pueden ser integradas en este y otros tipos de trabajos, podría beneficiar tanto la producción como la seguridad.

Algunas formas de mejorar las condiciones de trabajo puede ser a través de establecer los tipos de descanso que mejor se adaptan a dichas condiciones, manejar la cantidad óptima para llevar a cabo una tarea en diferentes horas del día, así como también, ajustar las horas de mayor trabajo a las horas de mayor eficiencia en los procesos cognoscitivos.

Por otro lado, en la educación se puede ayudar a mejorar el rendimiento escolar. Algunas investigaciones muestran que durante las primeras horas de la mañana; correspondiente a las primeras horas escolares, la eficiencia de los procesos cognoscitivos presentan un nivel muy bajo (Ramírez *et al.*, 2006; Valdez, Ramírez, García y Talamantes, 2008; Valdez *et al.*, 2008). Por lo tanto, el aprovechamiento escolar es bajo durante estas primeras horas. En muchas ocasiones se dedican estas horas para impartir clases como matemáticas o para aplicar exámenes. Una mejora en este ámbito podría ser que los horarios de clase se programaran acorde con el nivel de eficiencia a lo largo del ciclo, por ejemplo, retrasar la entrada a clases en los horarios matutinos podría ayudar al aprovechamiento, no solo de las primeras horas, sino de todo el turno escolar. De igual

forma, se podría programar la evaluación escolar tomando en cuenta las variaciones circadianas y obtener un resultado más confiable que refleje mejor el aprovechamiento real de los estudiantes.

Otra área no menos importante de la vida diaria, es la salud. Una parte central del sistema de salud es el personal de atención dentro y fuera de los hospitales. Este personal está integrado tanto por médicos, enfermeras, técnicos médicos, paramédicos, entre otros. Es bien sabido que en este tipo de trabajo, se debe permanecer listo para poder atender eficientemente cualquier urgencia durante las 24 horas del día. Por lo tanto, el conocimiento de la relación entre los ritmos circadianos y los procesos cognoscitivos es de suma importancia (Suzuki, Ohida, Kaneita, Yokoyama y Uchiyama, 2005). Por ejemplo, para atender correctamente una operación de urgencia durante horas de la madrugada, el personal debe tener buena capacidad para mantener su atención a lo largo de la operación, las cuales pueden durar hasta varias horas.

Por último, es importante dejar claro que la mayoría de las tareas; desde las más complejas hasta las más

sencillas, dependen de varios procesos cognoscitivos básicos tales como la memoria, las funciones ejecutivas y la atención. Por lo tanto, para tener un modelo general acerca de los ritmos circadianos en la ejecución, es importante estudiar los ritmos en cada uno de estos procesos así como en cada uno de sus componentes básicos.

Conclusiones

Del presente trabajo podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. La temperatura corporal presentó ritmos circadianos en cada una de las participantes. La temperatura corporal presentó su nivel más alto (acrofase) durante la tarde y su nivel más bajo (batifase) durante la madrugada.

2. La ejecución general en la tarea presentó variaciones circadianas. Los niveles máximos y mínimos de la ejecución se presentaron a diferente hora del día en ambos indicadores (TR y % de correctas), esto sugiere que el TR y la precisión (% de correctas) no están modulados de igual forma por los ritmos circadianos.

3. De los indicadores de la atención sostenida, sólo la constancia en la ejecución y los lapsos atencionales presentaron variaciones circadianas, mientras que la tendencia de la precisión presentó una disminución a lo

largo de todo el registro. A partir de estos resultados, podemos obtener al menos dos conclusiones:

- a) A diferencia de la teoría propuesta por Kleitman, donde plantea que el metabolismo genera las variaciones circadianas en la ejecución, podemos proponer que el metabolismo general no modula todos los procesos cognoscitivos.
- b) Los ritmos circadianos no están presentes en todos los procesos cognoscitivos, en cambio, factores como la homeostasis son el modulador principal de algunos aspectos de la atención sostenida.

Referencias Bibliográficas

- Baker, C. H. (1960). Observing behavior in a vigilance task. *Science*, 132, 674-675.
- Baker, C. H. (1963). Signal Duration as a Factor in Vigilance Tasks. *Science*, 141(3586), 1196-1197.
- Beck, L. H., Bransome, E. D., Jr., Mirsky, A. F., Rosvold, H. E. y Sarason, I. (1956). A continuous performance test of brain damage. *J Consult Psychol*, 20(5), 343-350.
- Blake, M. J. F. (1967). Time of day effects on performance in a range of task. *Psychonomic Science*, 9(6), 349-350.
- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1(3), 195-204.
- Broadbent, D. E. (1982). Task combination and selective intake of information. *Acta Psychol (North Holland)*, 50, 230-290.
- Carrier, J. y Monk, T. H. (2000). Circadian rhythms of performance: new trends. *Chronobiology international*, 17(6), 719-732.
- Cedrus. (1999). Super Lab Pro (Versión 2.01) [Software de cómputo]. SanPedro CA: Autor.
- Cohen, R. A. y O'Donnell, B. F. (1993). Models and

mechanisms of attention. En R. A. Cohen, Y. A. Sparling-Cohen y I. F. O'Donne (Eds.), *The Neuropsychology of Attention* (pp. 177-188). New York: Plenum Press.

Cohen, R. A. y Sparling-Cohen, Y. A. (1993). Response selection and the executive control of attention. En R. A. Cohen, Y. A. Sparling-Cohen y I. F. O'Donne (Eds.), *The Neuropsychology of Attention* (pp. 49-73). New York: Plenum Press.

Colquhoun, W. P. (1971). Circadian variations in mental efficiency. En W. P. Colquhoun (Ed.), *Biological Rhythms and Human Performance* (pp. 39-107). London: Academic Press.

Coull, J. T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Prog Neurobiol*, 55(4), 343-361.

Coull, J. T., Frackowiak, R. S. y Frith, C. D. (1998). Monitoring for target objects: activation of right frontal and parietal cortices with increasing time on task. *Neuropsychologia*, 36(12), 1325-1334.

Coull, J. T., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. y Grasby, P. M. (1996). A fronto-parietal network for rapid visual information processing: a PET study of sustained attention and working memory. *Neuropsychologia*, 34(11), 1085-1095.

- Craig, A. y Condon, R. (1985). Speed-accuracy trade-off and time of day. *Acta Psychol (Amst)*, 58(2), 115-122.
- Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., et al. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177-2181.
- Daan, S., Beersma, D. G. y Borbely, A. A. (1984). Timing of human sleep: recovery process gated by a circadian pacemaker. *Am J Physiol*, 246(2 Pt 2), R161-183.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species*. London: John Murray.
- Driver, J. (2001). A selective review of selective attention research from the past century. *Br J Psychol*, 92 Part 1, 53-78.
- Duffy, J. F. y Dijk, D. J. (2002). Getting through to circadian oscillators: why use constant routines?. *Journal of Biological Rhythms*, 17(1), 4-13.
- Fernandez-Duque, D. y Posner, M. I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. *Neuropsychologia*, 35(4), 477-486.
- Folkard, S., Lombardi, D. A. y Spencer, M. B. (2006). Estimating the circadian rhythm in the risk of occupational injuries and accidents. *Chronobiol*

- Int*, 23(6), 1181-1192.
- Frith, C. (2001). A framework for studying the neural basis of attention. *Neuropsychologia*, 39(12), 1367-1371.
- Gescheider, G. A. (1997). *Psychophysics: the fundamentals* (3 ed.). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Graw, P., Krauchi, K., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A. y Cajochen, C. (2004). Circadian and wake-dependent modulation of fastest and slowest reaction times during the psychomotor vigilance task. *Physiol Behav*, 80(5), 695-701.
- Gunn, W. J. y Loeb, M. (1967). Correlation of performance in detecting visual and auditory signals. *Am J Psychol*, 80(2), 236-242.
- Haider, M., Spong, P. y Lindsley, D. B. (1964). Attention, Vigilance, and Cortical Evoked-Potentials in Humans. *Science*, 145, 180-182.
- Harrison, Y., Jones, K. y Waterhouse, J. (2007). The influence of time awake and circadian rhythm upon performance on a frontal lobe task. *Neuropsychologia*, 45(8), 1966-1972.
- Hernandez-Peon, R., Scherrer, H. y Jouvet, M. (1956). Modification of electric activity in cochlear nucleus during attention in unanesthetized cats. *Science*, 123(3191), 331-332.

- Hernandez-Peon, R. y Serman, M. B. (1966). Brain functions. *Annu Rev Psychol*, 17, 363-394.
- Horne, J. A. y Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol*, 4(2), 97-110.
- Horowitz, T. S., Cade, B. E., Wolfe, J. M. y Czeisler, C. A. (2003). Searching night and day: a dissociation of effects of circadian phase and time awake on visual selective attention and vigilance. *Psychol Sci*, 14(6), 549-557.
- Hsieh, P. C., Chu, C. L., Yang, Y. K., Yang, Y. C., Yeh, T. L., Lee, I. H., et al. (2005). Norms of performance of sustained attention among a community sample: Continuous Performance Test study. *Psychiatry Clin Neurosci*, 59(2), 170-176.
- Hull, J. T., Wright, K. P., Jr. y Czeisler, C. A. (2003). The influence of subjective alertness and motivation on human performance independent of circadian and homeostatic regulation. *J Biol Rhythms*, 18(4), 329-338.
- James, W. (1950). *The Principles of Psychology, Vol. 1*. New York: Henry Holt and Co.
- Jerison, H. J. y Pickett, R. M. (1964). Vigilance: The Importance of the Elicited Observing Rate. *Science*, 143, 970-971.

- Jerison, H. J. y Wing, J. F. (1961). Human vigilance and operant behavior. *Science*, 133, 880-881.
- Johnson, C. H. (2004). Precise circadian clocks in prokaryotic cyanobacteria. *Curr Issues Mol Biol*, 6(2), 103-110.
- Kerlinger, F. N. y Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento*. México: Mac Graw Hill.
- Kinchla, R. A. (1992). Attention. *Annu. Rev. Psychol.*, 43, 711-742.
- Kleitman, N. (1963). *Sleep and wakefulness*. Chicago.
- Kleitman, N. y Jackson, D. P. (1950). Body temperature and performance under different routines. *J Appl Physiol*, 3(6), 309-328.
- Kondo, T. y Ishiura, M. (2000). The circadian clock of cyanobacteria. *Bioessays*, 22(1), 10-15.
- Lavie, P. (1980). The search for cycles in mental performance from Lombard to Kleitman. *Chronobiologia*, 7(2), 247-256.
- Lawrence, N. S., Ross, T. J., Hoffmann, R., Garavan, H. y Stein, E. A. (2003). Multiple neuronal networks mediate sustained attention. *J Cogn Neurosci*, 15(7), 1028-1038.
- Lawson, R. (1959). Schedules of irrelevant signals and maintenance of monitoring behavior. *Science*,

129(3346), 387-388.

- Lenne, M. G., Triggs, T. J. y Redman, J. R. (1997). Time of day variations in driving performance. *Accident, Analysis and Prevention*, 29(4), 431-437.
- Lockley, S. W., Skene, D. J. y Ardent, J. (1999). Comparison between subjective and actigraphic measurement of sleep and sleep rhythms. *J Sleep Res*, 8, 175-183.
- Loeb, M. y Alluisi, E. A. (1984). Theories of vigilance. En J. S. Warm (Ed.), *Sustained attention in human performance* (pp. 179-205). Chichester: John Wiley.
- Loeb, M. y Binford, J. R. (1971). Modality, difficulty, and "coupling" in vigilance behavior. *Am J Psychol*, 84(4), 529-541.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain. An introduction to neuropsychology* (B. Haigh, Trad.): Basic Books.
- Mackworth, N. H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6 - 21.
- Marrocco, R. T., Witte, E. A. y Davidson, M. C. (1994). Arousal systems. *Curr Opin Neurobiol*, 4(2), 166-170.
- McCormack, P. D. (1967). A two-factor theory of vigilance in the light of recent studies. *Acta*

Psychol (Amst), 27, 400-409.

Mennemeier, M. S., Chatterjee, A., Watson, R. T., Wertman, E., Carter, L. P. y Heilman, K. M. (1994). Contributions of the parietal and frontal lobes to sustained attention and habituation. *Neuropsychologia*, 32(6), 703-716.

Minors, D. S. y Waterhouse, J. M. (1988). Mathematical and statistical analysis of circadian rhythms. *Psychoneuroendocrinology*, 13(6), 443-444.

Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M. y Fuller, C. A. (1982). *The clocks that time us*. Cambridge: Harvard University Press.

Paranjpe, D. A. y Sharma, V. K. (2005). Evolution of temporal order in living organisms. *J Circadian Rhythms*, 3(1), 7.

Parasuraman, R. (1984). The psychobiology of sustained attention. En J. S. Warm (Ed.), *Sustained attention in human performance* (pp. 61-101). Chichester: John Wiley.

Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25-42.

Posner, M. I. y Rafal, R. D. (1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. En M. Meier, A. Benton y L. Diller (Eds.), *Neuropsychological* (pp. 182-200). New

York: The Guilford Press.

Rains, G. D. (2004). *Principios de neuropsicología humana* (V. Campos, Trad.). México: McGraw-Hill (Interamericana).

Ramírez, C., Talamantes, J., García, A., Morales, M., Valdez, P. y Menna-Barreto, L. (2006). Circadian rhythms in phonological and visuospatial storage components of working memory. *Biological Rhythm Research*, 37(5), 433-441.

Riccio, C. A., Reynolds, C. R., Lowe, P. y Moore, J. J. (2002). The continuous performance test: a window on the neural substrates for attention? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(3), 235-272.

Roach, G. D., Dawson, D. y Lamond, N. (2006). Can a shorter psychomotor vigilance task be used as a reasonable substitute for the ten-minute psychomotor vigilance task? *Chronobiol Int*, 23(6), 1379-1387.

Sarter, M. y Bruno, J. P. (1997). Cognitive functions of cortical acetylcholine: toward a unifying hypothesis. *Brain Res Brain Res Rev*, 23(1-2), 28-46.

Sarter, M., Givens, B. y Bruno, J. P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 35(2), 146-160.

- Schein, J. D. (1962). Cross-validation of the continuous performance test for brain damage. *J Consult Psychol*, 26, 115-118.
- Schmidt, C., Collette, F., Cajochen, C. y Peigneux, P. (2007). A time to think: Circadian rhythms in human cognition. *Cognitive neuropsychology*, 24(7), 755-789.
- See, J. E., Howe, S. R., Warm, J. S. y Dember, W. N. (1995). Meta-Analysis of the sensitivity decrement in vigilance. *Psychobiological Bulletin*, 117(2), 230-249.
- Smith, A. P. (1987). Activation states and semantic processing: a comparison of the effects of noise and time of day. *Acta Psychologica*, 67, 271-288.
- Smith, K. J., Valentino, D. A. y Arruda, J. E. (2002). Measures of variations in performance during a sustained attention task. *J Clin Exp Neuropsychol*, 24(6), 828-839.
- Sokolov, Y. N. (1982). *Percepción y reflejo condicionado* (S. F. Everest, Trad.). México: Trillas.
- Suzuki, K., Ohida, T., Kaneita, Y., Yokoyama, E. y Uchiyama, M. (2005). Daytime sleepiness, sleep habits and occupational accidents among hospital nurses *Journal of Advanced Nursing*, 52(4), 445-453.

- Swets, J. A. y Kristofferson, A. B. (1970). Attention. *Annu Rev Psychol*, 21, 339-366.
- Téllez, A. (1998). *Trastornos del sueño: diagnóstico y tratamiento*. México: Trillas.
- Titchener, E. B. (1913). *Elementos de psicología* (E. A. Chávez, Trad.). Paris: Bouret.
- Treisman, A. (1998). Feature binding, attention and object perception. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 353(1373), 1295-1306.
- Turek, F. W., Dugovic, C. y Zee, P. C. (2001). Current understanding of the circadian clock and the clinical implications for neurological disorders. *Arch Neurol*, 58(11), 1781-1787.
- Valdez, P. (1988). Ritmos circadianos y conducta. En E. C. Valcárcel (Ed.), *La Neuropsicología, una nueva rama en el conocimiento psicológico* (pp. 167-206). La Habana: ENPES.
- Valdez, P. (2005). *Ritmos circadianos en los procesos atencionales del ser humano*. Tesis doctoral. Facultad de Psicología, UANL, Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080126925.pdf>
- Valdez, P., Ramírez, C. y García, A. (1996). Delaying and extending sleep during weekends: sleep recovery or circadian effect? *Chronobiology international*, 13(3), 191-198.

- Valdez, P., Ramírez, C., García, A. y Talamantes, J. (2008). Los cambios de la atención a lo largo del día. *Ciencia*, 59 (1), 14-23.
- Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., Armijo, P. y Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biological Rhythm Research*, 36(1/2), 57-65.
- Valdez, P., Ramírez, C. y Téllez, A. (1998). Alteraciones del ciclo dormir-vigilia. En A. Téllez (Ed.), *Trastornos del sueño: diagnóstico y tratamiento* (pp. 193-230). México: Trillas.
- Valdez, P., Reilly, T. y Waterhouse, J. (2008). Rhythms of mental performance. *Mind, Brain and Education*, 2(1), 7-16.
- Ward, R. R. (1977). *Los Relojes Vivientes*. Barcelona: Grijalbo.
- Warm, J. S. (1984). An introduction to vigilance. En J. S. Warm (Ed.), *Sustained attention in human performance* (pp. 1-10). Chichester: John Wiley.
- Warm, J. S. y Jerison, H. J. (1984). The psychophysics of vigilance. En J. S. Warm (Ed.), *Sustained attention in human performance* (pp. 15-59). Chichester: John Wiley.
- Wexler, D. B. y Moore-Ede, M. C. (1986). Resynchronization of circadian sleep-wake and temperature cycles in the squirrel monkey

following phase shifts of the environmental light-dark cycle. *Aviat Space Environ Med*, 57(12 Pt 1), 1144-1149.

Wiener, E. L. (1973). Adaptive measurement of vigilance decrement. *Ergonomics*, 16(4), 353-363.

Wilkins, A. J., Shallice, T. y McCarthy, R. (1987). Frontal lesions and sustained attention. *Neuropsychologia*, 25(2), 359-365.

Wright, K. P., Jr., Hull, J. T. y Czeisler, C. A. (2002). Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(6), R1370-1377.