

**EFFECTOS CONDUCTUALES Y ELECTROFISIOLÓGICOS DE LA SIESTA  
SOBRE LA MEMORIA PROCEDIMENTAL**

Trabajo de investigación presentado por:

QUINTERO, Gabriela

TORRES, Andrea

A la

Escuela de Psicología

Como requisito para obtener el título de

Licenciado en Psicología

Profesora Tutora:

MORENO, Marianela

Caracas, julio de 2015

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	5
<b>Agradecimientos</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	10
1.    Aprendizaje y Memoria.....	10
1.1.    Memoria.....	14
2.    Sueño.....	20
2.1.    Estructuras implicadas en el mantenimiento de la vigilia y el sueño...	22
2.2.    Etapas del sueño .....	24
2.3.    Siestas .....	29
2.4.    Efectos conductuales del sueño/siestas .....	30
3.    Electrofisiología .....	32
3.1.    Técnicas EEG.....	35
3.2.    Medición de las etapas y fases del sueño .....	39
3.3.    Redes de memoria y su estudio electrofisiológico .....	41
4.    Hallazgos empíricos sobre la vinculación entre Sueño, Siestas, Aprendizaje y Memoria. ....	44
<b>MÉTODO</b> .....	56
1.    Problema de investigación.....	56
2.    Hipótesis General.....	56
3.    Hipótesis Específicas .....	56
4.    Definición de Variables.....	57
5.    Tipo de Investigación.....	60
6.    Diseño de Investigación .....	61
7.    Muestra .....	62
8.    Equipos, Instrumentos y materiales .....	64
9.    Procedimiento .....	67
<b>DISCUSIÓN</b> .....	85
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	94
<b>REFERENCIAS</b> .....	98
<b>ANEXOS</b> .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Puntuaciones brutas en aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta en ambas mediciones pretest y postest</i> .....	71
Tabla 2. <i>Descriptivos de los aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta con la significancia de los contrastes conductuales correlacionados</i> .....	72
Tabla 3. <i>Descriptivos de los aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta con la significancia de los contrastes conductuales independientes</i> .....	72
Tabla 4 <i>Significancias de la comparación de medias de amplitud y área bajo la curva entre ambos grupos Siesta y No siesta en el pretest y en el postest</i> .....	79
Tabla 5. <i>Medias de la amplitud y área bajo la curva del grupo de Siesta para el pre y postest con su significancia</i> .....	80
Tabla 6. <i>Medias de la amplitud y área bajo la curva del grupo de No siesta para el pre y postest con su significancia</i> .....	81
Tabla 7. <i>Número de husos del sueño, duración de sueño NREM, total del tiempo que estuvo descansando y densidad de los husos del sueño de cada sujeto del grupo de Siesta</i> .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diseño Experimental .....	62
<i>Figura 2.</i> Sistema Internacional 10-20 (Modificado de Jasper, 1958) .....	64
<i>Figura 3.</i> Medias de ambos grupos Siesta y No siesta en ambas mediciones. Ambos grupos aumentan el número de aciertos .....	
<i>Figura 4.</i> Potenciales evocados observados en el programa NeuroSpectrum en un sujeto posterior a tomar una siesta. Las curvas N800 muestran una disminución en su amplitud.....	
<i>Figura 5.</i> Potenciales evocados observados en el programa NeuroSpectrum en un sujeto antes de tomar una siesta. Las curvas N700 y N800 muestran mayor amplitud.....	
<i>Figura 6.</i> Medias de la amplitud por regiones cerebrales para el componente N700	
<i>Figura 7.</i> Medias de la amplitud por regiones cerebrales para el componente N800 .....	
<i>Figura 8.</i> Medias de la latencia por regiones cerebrales para el componente N800 .....	77
<i>Figura 9.</i> Medias del área bajo la curva por regiones cerebrales para el componente N800 .....	78
<i>Figura 10.</i> Imágenes cerebrales representativas de los grupos, mientras jugaban con el programa informático de memoria procedimental: a) No siesta pretest, b) No siesta postest, c) Siesta pretest y d) Siesta postest .....	82

## Resumen

La investigación se realizó con el fin de observar los efectos conductuales y electrofisiológicos de la siesta sobre la memoria procedimental en estudiantes universitarios varones entre 20 y 29 años de edad. Se realizó un muestreo no probabilístico intencional de 18 sujetos hombres, de nivel socio-económico medio, universitarios o egresados de pregrado, sin alteraciones psiquiátricas o del sueño, ni consumidores de drogas. Fueron asignados aleatoriamente a dos grupos para realizar dos mediciones con un programa informático de memoria procedimental. Los grupos fueron Siesta y No-siesta, que durmieron o no durmieron, respectivamente, entre ambas mediciones de 20 a 40 minutos. Para los contrastes estadísticos se utilizó la U de Mann-Whitney y Wilcoxon de rangos signados. Conductualmente, la puntuación de aciertos del programa no arrojó diferencias estadísticamente significativas en la medición intragrupo (pre-postest) del grupo Siesta, siendo significativa en No-siesta ( $p < 0,05$ ). Al comparar el postest entre ambos grupos, no dio diferencias significativas. Electrofisiológicamente, se encontró un nuevo componente de los potenciales relacionados a eventos (PRE), vinculado funcionalmente con la tarea de memoria procedimental, el cual se denominó N800. El grupo Siesta disminuyó significativamente la activación cerebral mientras jugaba en la fase posterior a la misma, fundamentalmente en regiones cerebrales posteriores derechas, mientras que el grupo No-siesta aumentó significativamente la activación cerebral en las mismas regiones, aunque estas diferencias en la activación cerebral regional entre ambos grupos no fue estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Se encontró una correlación baja, pero positiva entre la densidad de los husos del sueño y los aciertos del programa, concluyendo que tomar una siesta después de la ejecución de una tarea de memoria procedimental, genera cambios a nivel regional cerebral que implican un menor esfuerzo y procesamiento de información. Para que estos cambios puedan tener un impacto a nivel conductual pareciera necesario que la siesta tuviese una duración mayor a 30 minutos. Se sugiere realizar estudios con mayor número de sujetos con periodos de siesta de alrededor de 60 minutos y comprobar los beneficios de la misma, lo que podría implicar cambios en ambientes universitarios y laborales en pro de favorecer la consolidación de la memoria procedimental y el aprendizaje.

## **Agradecimientos**

Andrea Torres:

Principalmente, quisiera agradecer al equipo de trabajo que permitió el desarrollo de esta investigación, incluyendo a mi persona, mi compañera Gabriela Quintero y, especialmente, a la tutora Marianela Moreno, quien otorgó su tiempo y dedicación al acompañamiento, examen y corrección de esta investigación, compartiendo sus conocimientos con nosotras y brindándonos la oportunidad de culminarla exitosamente. Asimismo, quisiera agradecer a mi casa de estudios, la Universidad Católica Andrés Bello y a la Escuela de Psicología por brindarnos los espacios y materiales para la realización del presente trabajo, así como a la Universidad Metropolitana que, sin ser nuestra casa de estudio, permitió el uso de sus espacios y materiales para la realización de la investigación, en conjunto con el apoyo y colaboración de los estudiantes de la escuela de Psicología. Al representar esta investigación la culminación de mis estudios de pregrado, quisiera agradecer a mis padres por hacer posible que esté a este punto de mi vida, brindándome su apoyo de todo tipo para que esta meta sea posible. Por último y no menos importante, quisiera agradecer a mi novio, Francisco Alonso, por haberme acompañado durante estos años de mi pregrado y por haber hecho posible la realización de la presente investigación a través de la programación del juego que fue utilizado para medir la memoria procedimental.

Gabriela Quintero:

Gracias a todos los que colaboraron para lograr la realización exitosa de este trabajo.

# INTRODUCCIÓN

La investigación presente se enmarca en el campo de la Psicología Cognitiva la cual comprende el estudio de procesos cognitivos o mentales de orden superior en los seres humanos, tales como lenguaje, pensamiento, memoria, solución de problemas, conocimiento, razonamiento, toma de decisiones y juicio (Feldman, 2002). La Psicología Cognitiva enriquece su teoría con los aportes de otras áreas de investigación, tales como las Neurociencias, que usan técnicas de biología celular, neuroimagen cerebral, neurología comportamental y ciencia computarizada, para una mejor comprensión de la conducta a partir de mecanismos neurales (Kandel, Jessell y Schwartz, 1997). A su vez, se enmarca en el nivel de análisis de la Neurociencias Cognitivas, definida por Pinel (2007) como un campo del conocimiento que estudia la cognición respecto a sus bases neurales, implicando el estudio de sujetos humanos y técnicas de registro cerebral no invasivos, tales como los registros electrofisiológicos mientras los sujetos están realizando algún tipo de actividad cognitiva, lo que se desarrolla en este trabajo.

Dentro de esta área ha sido de gran relevancia el estudio de la memoria con indicadores electrofisiológicos, además de los conductuales y, en las últimas décadas, se ha profundizado la investigación en la consolidación de la memoria en diversos estados de consciencia, proponiéndose una facilitación de las redes neuronales durante el período de descanso nocturno, lo que se ha extendido hacia el estudio de períodos más cortos, como serían las siestas. Es así que el objetivo del presente trabajo es investigar, a través de registros conductuales y técnicas electroencefalográficas, si al tomar una siesta varían los resultados en los procesos de recuerdo y rendimiento y si existe un efecto sobre las redes neuronales que se forman a través del aprendizaje de una tarea de memoria procedimental, aportando un nuevo estudio a un tópico poco indagado.

El sueño ha sido un tema de gran importancia dentro de la investigación científica, conociéndose como un estado de consciencia y una necesidad fisiológica en todas las especies, evidenciándose un importante deterioro cognitivo

y conductual durante su privación (Pinel, 2007). Autores como Abel, Havekes, Saletin y Walker (2013) sugieren que el sueño ofrece beneficios funcionales y adaptativos para los seres vivos, encontrándose entre ellos la plasticidad neuronal y la creación de nuevas conexiones entre neuronas, siendo éstas parte de las bases biológicas del aprendizaje.

A su vez, el sueño diurno había sido un tema poco indagado hasta ahora, encontrándose en algunas investigaciones actuales una relación con el aprendizaje y la memoria (Schmidt et al., 2006; Mascetti et al., 2013; Alger, Lau y Fishbein, 2010; Wilhelm et al., 2011; Lombardo-Aburto et al., 2011). Así, las siestas representan un tópico de interés social, dado que parecieran facilitar el aprendizaje de nueva información y un mejor desempeño en la tarea, por lo que estudios que ratifiquen estos hallazgos pueden acarrear posibles beneficios tanto en la vida cotidiana como en ambientes académicos (Lombardo-Aburto et al., 2011). En este sentido, se considera que los períodos de descanso diurno, incluso en el medio laboral, al favorecer el rendimiento y proporcionar mayor productividad conllevan a mantener una mayor satisfacción y una mejor calidad de vida.

El problema de esta investigación surge, principalmente, por vacíos en el conocimiento respecto a los efectos que produce tomar una siesta sobre la memoria y el rendimiento, y cómo esta memoria podría consolidarse durante la profundización de diversos estadios del sueño que pueden ser observados a través de elementos electroencefalográficos tales como los husos del sueño. También se ha observado que pocas investigaciones han versado sobre el sueño diurno o las siestas (Mednick, Nakayama y Stickgold, 2003; Schmidt et al., 2006; Lau, Alger y Fishbein, 2011; Albouy et al., 2013), así como han sido poco estudiados los efectos de la siesta utilizando un registro electrofisiológico durante la misma, siendo más estudiado el sueño nocturno y los efectos que produce éste en la consolidación del aprendizaje. Asimismo, los estudios con ondas lentas de NREM (por sus siglas en inglés Non Rapid Eye Movements) son muy escasos, predominando el estudio de la consolidación de la memoria que se produce en el estadio de sueño REM (por sus siglas en inglés Rapid Eye Movements) que es la

etapa de sueño más profundo (Maquet et al., 1996; Montes-Rodríguez, Domínguez-Martín y Próspero-García, 2008; Abel, Havekes, Saletin y Walker, 2013).

Los cambios eléctricos cerebrales desde la vigilia hasta el sueño más profundo se estudian considerando los elementos gráficos del electroencefalograma (EEG) que van indicando el estadio en el cual se encuentra el sujeto en estudio. En esta investigación se considera la densidad de los husos del sueño, grafoelemento que ha sido vinculado a la consolidación de la memoria (Albouy, 2013). Los cambios eléctricos cerebrales relacionados temporalmente con el proceso de consolidación de la memoria procedimental se estudian a través de los potenciales relacionados a eventos (PRE), los cuales “permiten la evaluación en tiempo real de la relación dinámica entre la actividad cerebral y el proceso cognoscitivo que se está estudiando” (Rodríguez Camacho, Prieto y Bernal, 2011, p.41). Los PRE permiten evaluar el efecto de la siesta sobre las redes neuronales que se forman a través del aprendizaje de la tarea de memoria procedimental diseñada al respecto. Así, se espera encontrar que los sujetos luego de tomar la siesta, obtengan un mejor rendimiento en una actividad que requiere memoria procedimental y que esto se refleje en cambios conductuales y electrofisiológicos correspondientes a la consolidación de redes neurales vinculadas a este proceso cognitivo.

Todo esto se realizará respetando los aspectos éticos para el trabajo experimental y ejercicio profesional. En un primer lugar, se partirá desde los conocimientos requeridos en el área, para la correcta interpretación de los datos y el correcto uso de los equipos e instrumentos de recogida y análisis de datos; así como se mantendrá un trato respetuoso con los sujetos implicados, el personal directivo de la institución, de tutoría y asesoramiento del trabajo. Se garantiza la confidencialidad y anonimato de los datos obtenidos, y que serán utilizados únicamente con fines educativos y de investigación para la presente, explicándole a cada participante los objetivos y procedimientos a ejecutar de forma clara y precisa (Escuela de Psicología de la UCAB, 2002; APA, 2010).

# MARCO TEÓRICO

## 1. Aprendizaje y Memoria

Desde una perspectiva cognitiva el aprendizaje se puede definir como el proceso de transformación de la información presente en el ambiente (Puente, Lorente y Jiménez, s/f), que modifica el sistema nervioso (Carlson, 1996) y al ser procesada, vista conductualmente, permite dar una respuesta inmediata o futura (Carlson, 1996; Puente, Lorente y Jiménez, s/f). Dicho de otro modo, las experiencias cotidianas modifican la estructura cerebral, lo que provoca que, por medio de esta remodelación de circuitos o redes neuronales vinculadas a los procesos de percepción, pensamiento, planeación y desempeño, el sujeto manifieste diferentes formas de interpretar el mundo, atribuyendo una forma particular de expresarse y dar respuesta a través de estos procesos cognitivos (percepción, planificación, entre otros) (Carlson, 1996).

De esta forma, Carlson (1996) ha teorizado sobre cuatro principales tipos de aprendizaje que incluyen aprendizaje perceptual, aprendizaje estímulo-respuesta, aprendizaje motor y aprendizaje de relaciones. El primero de estos, el aprendizaje perceptual, es la base primordial de cualquier aprendizaje, pues implica la capacidad de identificar y jerarquizar objetos y situaciones percibidos con anterioridad, y mejora con la cantidad de experiencias con el mismo objeto. Esta identificación de los objetos, también puede implicar el reconocimiento de las personas por su forma particular al moverse, tono de voz, e interpretación de su estado emocional y, por tanto, se puede dar por medio de cualquiera de los sistemas sensoriales (visual, auditivo, somatosensorial, gustativo, olfativo), involucrando cerebralmente, un cambio en la corteza de asociación sensorial de cada sensación particular, siendo también teorizado como aprendizaje discriminativo, que facilita la adquisición posterior de aprendizaje en relación con el mismo objeto, en base a las experiencias con el mismo (Carlson, 1996; Aguado-Aguilar, 2001). En síntesis, el aprendizaje perceptivo “conlleva cambios relativamente duraderos en los sistemas perceptivos de un organismo que

mejoran su capacidad para responder al entorno [...] y el acoplar la recogida de la información al uso que el organismo va a hacer de dicha información” (Goldstein, citado en Aguado-Aguilar, 2001, p. 377).

El aprendizaje estímulo-respuesta implica la capacidad para aprender a dar una respuesta particular ante un estímulo determinado, que suele entrar dentro de aprendizaje conductual con los modelos de condicionamiento clásico y el condicionamiento operante (Carlson, 1996; Aguado-Aguilar, 2001). Cognitivamente, este aprendizaje está explicado por la conexión entre circuitos perceptuales y circuitos motores e, igualmente, a nivel neuronal, la asociación frente a una conexión de sinapsis fuerte, que implica la respuesta natural (o refleja) del individuo ante cierto estímulo, con la conexión de sinapsis débil que se da frente al segundo estímulo no relacionado y que, finalmente, ante a las contingencias de ambos tipos de sinapsis, será asociado convirtiendo esta segunda sinapsis débil en una fuerte, capaz de evocar la misma respuesta refleja que el estímulo principal (Carlson, 1996).

Carlson (1996) hace referencia a los estudios que le valieron a Donald Hebb el premio Nobel de Medicina sobre el fortalecimiento y debilitamiento de las sinapsis, lo cual fue consultado directamente. Hebb (1949) planteó, que el proceso de aprendizaje involucra una asociación entre neuronas que trae como resultado la creación o fortalecimiento de redes neuronales, en el que ocurren cambios metabólicos en las células que aumentan su eficiencia y capacidad de excitación.

La perspectiva de Hebb hacia el aprendizaje indica el proceso que ocurre en la asociación entre estímulo y respuesta, en el que se da una representación mental de un estímulo que provoca una actividad neural, que simultáneamente evoca una representación mental de una respuesta hacia ese estímulo, y dichas conexiones entre el estímulo y la respuesta se fortalecen (Eichenbaum, 2002), o dicho de otra forma, si una sinapsis es activada reiteradamente, a la vez que se dispara una neurona postsináptica, cambios estructurales y químicos se sucederán y reforzarán la sinapsis (Carlson, 1996). Esto constituye la base de la potenciación a largo plazo que será explicada poco más adelante para poder

proseguir con las consideraciones sobre los cuatro tipos de aprendizaje planteados por Carlson (1996) que se han venido desarrollando.

El tercer tipo, el aprendizaje motor, según Carlson (1996), puede estar incluido en el aprendizaje estímulo-respuesta, pues implica el mismo mecanismo, sin embargo, este tercero, implica ya cambios a nivel motor, mientras que en el anterior sólo el establecimiento de la conexión entre ambos sistemas, sensorial y motor. Implica cambios en los circuitos neuronales que controlan conductas motoras particulares (dependiendo de la actividad que se realice puede implicar un área cerebral diferente, según corresponda) y, mientras más novedosa sea la conducta que se ejecuta, mayor activación habrá en el sistema nervioso que regula la misma, mientras que, a través de la práctica (y experiencia) del movimiento motor, la conducta que comienza siendo imperfecta y controlada deliberadamente por la corteza cerebral, va mejorando y automatizándose, a medida que los circuitos nerviosos se van modificando y así, requieren de menos atención voluntaria y de menor activación cortical porque se subcorticaliza el acto motor (Carlsson, 1996; Aguado-Aguilar, 2001).

Por último, el nivel más complejo de aprendizaje considerado por Carlson (1996), implica el aprendizaje relacional, ocupado de vincular dos estímulos que inicialmente son independientes uno del otro, lo que involucra a nivel neuronal, la conexión entre dos o más áreas de asociación sensorial, que es lo que permite obtener una visión de un objeto o situación integrada y compleja . En relación a éste tipo de aprendizaje, Morgado (2005) argumenta que involucra procesos de análisis, comparación y contrastación de diferentes tipos de información que se integran perceptualmente para ser aprendidos.

Toda vez que se han descrito estos cuatro tipos de aprendizaje, cabe profundizar, como se señalara anteriormente, en los mecanismos de potenciación y depresión a largo plazo que median los procesos de aprendizaje y memoria.

- Potenciación a largo plazo (PLP): Se trata del resultado de la actividad incidental de una neurona pre-sináptica y otra post-sináptica, trayendo como

consecuencia una facilitación en la transmisión química entre las mismas que se mantiene por períodos de tiempo prolongados (Cooke y Bliss, 2006). Se han establecido, según Gluck, Mercado y Myers (2008), haciendo referencia a las investigaciones de Hebb (1949), tres componentes que explican la PLP, que se corresponden con (a) los receptores postsinápticos se modifican volviéndose más sensibles a la acción de primera sinapsis, es decir, cuando la sinapsis A es activada y libera un neurotransmisor, la sinapsis B va adquiriendo mayor sensibilidad a este neurotransmisor, por lo que en reacciones posteriores, dará mayor respuesta; (b) los receptores presinápticos se modifican por acción a la información que envía la neurona postsináptica por medio de un mensajero retrógrado, liberando mayor cantidad de neurotransmisores, que harán que la sinapsis B de mayor respuesta posteriormente y (c) cambios estructurales en la neurona postsináptica que fortalece las sinapsis existentes y fomenta la formación de nuevas conexiones. Estos cambios que se describen pueden tener larga duración, que van desde unos minutos hasta por horas y, posiblemente pueden establecerse permanentemente (Gluck et al., 2008).

- Depresión a largo plazo (DLP): Es producto de sinapsis excitatorias que producen una hiperpolarización de la neurona post-sináptica y una reducción de la eficiencia en la sinapsis neuronal, produciendo a su vez una reducción en la respuesta, según explica Hirano (2013) en base a los estudios de Hebb (1949). Funciona como un proceso oponente a la PLP, es decir, en donde la transmisión sináptica es menos eficaz por la actividad neuronal más reciente, de forma que puede darse por (a) disminución de la sensibilidad del receptor postsináptico; (b) menor liberación de neurotransmisores por parte de la sinapsis A, que reduce, entonces la acción de la sinapsis B y (c) cambios estructurales que debilitan las sinapsis existentes (Gluck et al, 2008).

Tanto la PLP como la DLP constituyen factores importantes de la plasticidad cerebral ya que producen modificaciones bidireccionales en la fuerza sináptica, siendo las bases histológicas para el aprendizaje y la memoria, procesos cognitivos mediados por modificaciones en los circuitos neuronales

(Bliss y Collingridge; Ito; Siegelbaum y Kandel; citado en Caporale y Dan, 2008; Caporale et al, 2008). De manera que ambos, aprendizaje y memoria, han sido teorizados como dos procesos cognitivos altamente relacionados e interdependientes, de adquisición, manejo y elaboración de la información sensorial, de manera sobresimplificada, el aprendizaje implica la adquisición permanente de la información y la memoria el uso dinámico y mantenimiento de esa información (Aguado-Aguilar, 2001).

Se introduce así el estudio de la memoria desde la teoría de la Psicología Cognitiva vinculada con el campo de la Neurociencia de los cuales parte el presente estudio. A continuación, se profundiza en diversos aspectos de la memoria en cuanto a tipos y estructuras y las redes neurales subyacentes a los mismos.

## **1.1. Memoria**

La memoria ha sido estudiada experimentalmente desde hace años atrás, teniendo como principal pionero a Ebbinghaus (citado en Varela, Ruiz y Fortoul, 2005). A partir de sus primeros estudios, autores han establecido modelos que pretenden explicar cómo funciona la memoria y sus tipos. Por ejemplo, dentro de la psicología cognitiva, destaca Tulving, que entre los años 1970 y 1979, se dedicó a estudiar este proceso (citado en Varela et al., 2005). Tulving estableció tres tipos de memoria, que son (a) la memoria episódica, cuyos elementos están codificados en función de un tiempo y espacio determinados y alude a acontecimientos personales, autobiográficos; (b) la memoria semántica que almacena símbolos verbales con independencia del tiempo y espacio, sobre hechos, palabras y conceptos del mundo social y físico y, (c) la memoria procedimental, que implica acciones que reflejan destrezas motoras, perceptivas y cognitivas adquiridas por la experiencia (Varela et al., 2005; Ruíz-Vargas, 1991).

Más adelante, Anderson, establecería otro modelo con base en la propuesta anterior, en el cual propone una memoria a largo plazo y una memoria de trabajo. La primera de estas, la memoria a largo plazo, se divide en dos tipos,

que son, la memoria declarativa, que es el *saber qué*, caracterizada por contener recuerdos de eventos pasados y conocimientos teóricos adquiridos y la memoria procedimental o no declarativa, que es el *saber cómo*, encargada del almacenamiento y recuperación de conductas más rígidas e inflexibles que pertenecen a una habilidad aprendida, incluyendo habilidades motoras y desarrollo de destrezas y mejora mediante la práctica de las mismas (Varela et al, 2005; Cohen y Squire, 1980). La memoria de trabajo, finalmente, es en donde se mantiene toda la información necesaria, proveniente del anterior sistema, para ejecutar apropiadamente la actividad actual. Este tipo de memoria es de almacenamiento temporal, manteniendo la información durante segundos (Purves et al., 2007; Varela et al., 2005). Para Anderson, estos sistemas de memoria funcionan en forma de continuo, es decir, en un primer lugar, se adquiere la información, donde se codifica y se almacena dentro de una red jerárquica; luego, este conocimiento declarativo pasa a ser procedimental en tanto se pasa de la práctica a la automatización de la actividad y, por último, mientras más automaticidad de la conducta, menos espacio ocupa en la memoria de trabajo (Varela et al., 2005).

Sería Squire, en 1987 (citado en Ruíz-Vargas, 1991), quien realizara el modelo que hasta ahora es el más relevante dentro de las teorías cognitivas de memoria, pues incluye tanto los conceptos de Tulving como los de Anderson, explicando que la memoria está compuesta por dos tipos, el primero, sería la memoria declarativa, que se compone de la memoria episódica u operativa y la memoria semántica o de referencia y, el segundo tipo, sería la memoria procedimental que incluye destrezas motoras y cognitivas, priming, condicionamiento clásico simple y otros procesos como habituación sensibilización y otros procesos de postefecto perceptivo que mejoran las operaciones cognitivas con la experiencia, englobando este modelo dentro de la memoria a largo plazo.

Landmann et al., (2014) han teorizado acerca de la reorganización de la memoria, indicando que, en función de la información presentada, el cerebro reorganiza los esquemas presentes. Los esquemas son un sistema de información

organizada almacenada en la memoria, accesibles a su aplicación (Kleider, Pezdek, Goldinger y Kirk, 2007).

En lo que respecta a la memoria declarativa, Landmann et al. (2014) plantean una división en los tipos de reorganización, encontrándose: (a) la formación de esquemas, que ocurre cuando se forma un esquema a través de nuevos elementos presentes en la información que proporciona el ambiente, involucrando procesos de generalización y uso de reglas; (b) la integración de esquemas, que se refiere a incorporar distintos recuerdos que inicialmente no pertenecían al mismo esquema o incorporar información novedosa a esquemas preestablecidos; y (c) la desintegración de esquemas, que implica una reestructuración de la información existente en los esquemas preestablecidos para dar una respuesta novedosa. En cuanto a la memoria no declarativa, también ocurre una reorganización, pero esta no involucra niveles, sino un desarrollo y fortalecimiento de los patrones de conducta involucrados en la habilidad aprendida, incluyendo la automatización, formando un esquema complejo de movimientos simples, su correlato fisiológico y la conducta final (Landmann et al., 2014).

Las diferencias entre los tipos de memoria citadas anteriormente implican, a su vez, diferencias en cuanto a la activación de diversas estructuras cerebrales y redes neuronales, lo que se desarrolla a continuación.

En cuanto a la memoria declarativa, las estructuras que han sido esenciales para su estudio han sido las estructuras diencefálicas medias y temporales mediales, especialmente el hipocampo, esencial para el establecimiento de nuevos conocimientos, incluyendo tanto el giro dentado, el complejo subicular y la corteza entorrinal, así como las cortezas perirrinal y parahipocampal (Purves, et al., 2007; Gluck et al., 2008; Squire et al., 1996).

Se ha encontrado que el daño en la formación hipocampal se relaciona con la dificultad o pérdida en la capacidad para formar nuevas asociaciones, así como las estructuras hipocampales, diencefálicas (cuerpos mamilares, núcleo

mediodorsal del tálamo), prosencefálicas basales y fórnix, fomentan la consolidación de la memoria declarativa, si bien la información se almacena en diferentes regiones cerebrales que pueden abarcar la totalidad del cerebro, según sea el tipo de información (Squire et al., 1996; Purves, et al., 2007). Mientras que un daño en la corteza perirrinal se ha asociado a problemas en la memoria visual, un daño en el hipocampo y en la circunvolución parahipocampal se ha asociado a la memoria espacial, que implica la consolidación de información ligada a un tiempo y espacio (Squire et al., 1996; Purves, et al., 2007). Asimismo, el lóbulo temporal medial ha sido asociado con el almacenamiento de recuerdos a largo plazo, al igual que toda la corteza encefálica, dependiendo del tipo de información que se almacena; sin embargo, cuando se trata de la recuperación de la información, el lóbulo temporal medial pierde importancia frente a regiones de la corteza frontal y áreas corticales dorsolaterales y anterolaterales encefálicas, si ya hubo consolidación de la misma (Squire et al., 1996; Purves, et al., 2007).

En lo que respecta a la memoria no declarativa o procedimental, la medición y la especialización ha representado mayor complejidad, dependiendo así del tipo de tarea que se está aprendiendo o mejorando (Knowlton y Foerde, 2008). En general, hay gran influencia de estructuras tales como los ganglios basales, la corteza prefrontal, la amígdala, la corteza de asociación sensitiva y el cerebelo (Purves, et al. 2007).

Knowlton et al. (2008) indican las diferencias a partir de técnicas encefalográficas, encontrando que cuando se realiza una tarea de priming, posterior al entrenamiento, ocurre un decremento en la actividad en las regiones occipito-temporales, lo que representa mayor eficiencia en la codificación perceptual y un ahorro de recursos cognitivos. También se ha encontrado una activación en la corteza prefrontal en la ejecución de las tareas de priming utilizando fMRI (*functional magnetic resonance imaging*) (Wig, Grafton, Demos, y Kelley, 2005).

Lo considerado en los estudios antes descritos ponen en evidencia que hay que tomar en cuenta que, dependiendo del tipo de memoria que se pretenda

estudiar, será el tipo de tarea que se deba utilizar como condición experimental para la investigación de las diversas redes y estructuras involucradas en el sistema de memoria. La memoria declarativa y sus redes y estructuras subyacentes puede ser evaluada a través de preguntas, cuestionarios o claves de reconocimiento, mientras que la memoria procedimental requiere la realización de la conducta que refiere a la habilidad y lo que será medido es el nivel de desempeño en dicha conducta (Cohen y Squire, 1980) y estas tareas activarán diversa redes y regiones cerebrales.

En técnicas de neuroimagen Kelly y Garavan (2005) han encontrado en cuanto al aprendizaje de habilidades, cambios en la representación neuronal como un decremento en la activación de la red de memoria motora, lo que desarrolla la automaticidad, por lo que la experticia representa un cambio cuantitativo de la activación neuronal. El decremento en las regiones premotoras ha sido observado tanto al inicio del aprendizaje como en el desarrollo de la automaticidad y, asimismo, ocurre un incremento de la actividad en las regiones posteriores, así como del putamen y el cerebelo, manteniéndose este incremento desde el aprendizaje hasta la automaticidad (Kelly y Garavan, 2005).

Peterson, Van Mier, Fiez y Raichle (1998), plantean etapas en las que ocurre el aprendizaje de determinada habilidad, implicando diferentes niveles en la habilidad que son alcanzados tras la práctica constante, produciendo un aumento cuantitativo que conlleva a cambios en el almacenamiento y acceso a las diferentes asociaciones e información procesada, utilizando diferentes sustratos neurológicos con la adquisición de información nueva pertinente al nivel de habilidad alcanzado. Así, en el primer nivel en el desarrollo de determinada habilidad, el sujeto realiza una asociación, que puede ser explícita o implícita, entre la conducta que debe realizar para satisfacer la demanda y el resultado que conlleva la misma, mientras que en niveles avanzados el sujeto realiza asociaciones implícitas y automáticas entre la demanda y la conducta pertinente, llevando a mejores niveles de ejecución y utilizando sólo las conexiones pertinentes, provocando la activación de sólo algunas regiones cerebrales que

dependen del tipo de tarea (Peterson, et al., 1998). Por esta razón, en la presente investigación se espera que ocurran asociaciones automáticas después de que los sujetos tomen la siesta, mostrando una mejor ejecución y encontrándose activación en las regiones posteriores.

Estos estudios aportan una evidencia empírica sobre las regiones cerebrales que se activan durante el proceso que implica la memoria, haciéndose evidente que, así como la Psicología Cognitiva considera diversos módulos según el tipo o clase de memoria a evaluar, en el campo de las Neurociencias Cognitivas y la Neuropsicología, la memoria representa un sistema neural donde diversas estructuras interconectadas en red aportan el substrato neural correspondiente. De esta manera, se parte de estos hallazgos para proponer las zonas cerebrales que se esperan presenten una mayor activación, según el tipo de tareas que realizarán las personas a evaluar.

Además de la activación diferencial de redes y estructuras en el sistema de memoria dependiendo del tipo de la misma que sea considerado y de las fases de este proceso cognitivo, hay otros aspectos a considerar para alcanzar el objetivo de la presente investigación.

En cuanto a las diferencias sexuales, Solís-Ortiz y Corsi-Cabrera (2008) han encontrado que las mujeres presentan diferencias en el desempeño en tareas que requieren focalización de la atención y el uso de memoria verbal y visoespacial en función de su ciclo menstrual. Así, en la post-ovulación temprana, las mujeres muestran un aumento en la capacidad de focalizar la atención, teniendo altos niveles de progesterona, mientras que en la ovulación, teniendo altos niveles de estrógenos, su capacidad para la memoria viso-espacial aumenta y la memoria verbal disminuye (Solís-Ortiz et al., 2008). Otros autores como Kolb y Whishaw (2006) consideran que todas las funciones cognitivas de las mujeres son afectadas por el ciclo menstrual, por lo cual se considera en la presente investigación centrarse en el estudio de sujetos de sexo masculino quienes mantienen mayor estabilidad hormonal con menos variaciones en sus funciones cognitivas, incluyendo la memoria.

Al igual que ocurre con las diferencias sexuales antes mencionadas, existen diferencias en el desempeño de las habilidades de memoria que presentan los sujetos en función de su edad, encontrándose que, a partir de los 50 años, parece existir una pérdida de funciones en la recuperación de los recuerdos, así como dificultades en la adquisición y consolidación de la memoria tanto declarativa como procedimental (Román y Sánchez, 1998). Con motivo de facilitar la obtención y períodos de trabajo con la muestra, así como disminuir la influencia de variables extrañas al interés principal de la investigación, el presente estudio estará compuesto únicamente de sujetos de sexo masculino, con edades comprendidas entre 20 y 29 años.

Se prosigue con el desarrollo de otro aspecto fundamental de este estudio como lo es el sueño en cuanto a su definición, características, el substrato neurobiológico del mismo y sus efectos sobre el comportamiento.

## **2. Sueño**

Todos los seres humanos tienen a diario períodos en donde no están plenamente conscientes, tomando en cuenta que la consciencia es un *continuum* y no una cuestión de *todo o nada* (Alcaraz-Romero, 2001). La consciencia se caracteriza por la capacidad de los individuos de responder al ambiente y procesar los estímulos, mientras que las *interrupciones* de consciencia se pueden clasificar en (a) coma, que está en el extremo del continuum y está caracterizada por largos períodos de inconsciencia, poca actividad cerebral, baja responsividad al ambiente y es, generalmente, ocasionada por traumatismos, infartos o enfermedades, (b) estado vegetativo, en donde el individuo carece de consciencia, pero tiene una actividad cerebral de alternancia entre baja actividad de somnolencia y excitación cerebral, existiendo cambios fisiológicos ante estímulos ambientales sin presentar conductas deliberadas, (c) estado mínimo de consciencia, suele tener largo tiempo de duración, caracterizado por presentar intermitencia en los períodos de consciencia, en donde se pueden dar respuestas deliberadas, y limitada actividad cognitiva, (d) muerte cerebral, inexistencia de actividad cerebral indefinida, (e)

sueño, que consiste en una disminución de conciencia y así, de la actividad eléctrica cerebral, y es deliberadamente iniciado y finalizado, y (f) vigilia, que es el estado que corresponde al individuo cuando está despierto sin importar la hora del día y que no involucra obligatoriamente un acto volitivo (Alcaraz-Romero, 2001; Kalat, 2010; Velayos, 2009; Blanco, 2008).

La vigilia y el sueño, así como la alternancia de estos, es de gran importancia para todos los animales y todos deben tener períodos de vigilia y sueño en una proporción más o menos similar (Pinel, 2007; Kalat, 2010). La alternancia de estos dos estados están determinadas por el *reloj biológico*, que controla a su vez los ritmos circadianos, que son el ajuste de estos ciclos (vigilia-sueño), según los estímulos externos en un período de 24 horas, con lo que se establece las horas de sueño, hora de despertar y horas de vigilia; es decir, son ritmos diarios de regulación conductual y fisiológica de los seres vivos (Kalat, 2010; Carlson, 1996).

Una estructura muy importante para regular los períodos de vigilia-sueño o reloj biológico, es el núcleo supraquiasmático (SCN) del hipotálamo, que varía según cada individuo y según la especie. La regulación de estos períodos tiene acción a través de la secreción de neuromoduladores que intervienen en diversas áreas del cerebro, de forma regulada genéticamente y no aprendida (Carlson, 1996; Pinel, 2007; Kalat, 2010; Kalat, 2010). En el SCN, las neuronas generan potenciales de acción que son los que determinan el ritmo circadiano, mientras que estos potenciales se derivan, según hallazgos, de la cantidad promedio de luz general, información que deriva de la vía retino-hipotalámica, que contiene células que responden a la luz, independientemente del funcionamiento de los receptores visuales (conos y bastones) y áreas primarias de la visión (Berson, Dunn y Takao, 2002; Kalat, 2010). Una de las regiones más importantes en donde el SCN ejerce acción, es en la glándula hipófisis, la cual es responsable de la liberación de la hormona melatonina, ejerciendo un rol primordial en la regulación de los ritmos circadianos, pues es secretada unas horas antes de dormir, comportándose como una *inductora* del sueño (Kalat, 2010).

En la investigación de Berson, et al. (2002), los autores proponen que el SCN es el marcador de los ritmos circadianos, controlando los ciclos de actividad, los niveles hormonales, y otras variables psicológicas en los animales mamíferos, y esto ocurre a través de células ganglionares retinales especializadas. Para comprobar su hipótesis, los autores etiquetaron una serie de células de la retina de ratas por medio de la inyección de microesferas fluorescentes en el hipotálamo. Cuando se estimulaban las células de la retina con luz, las células se despolarizaban con rápidos potenciales de acción, que continuaban sucediendo incluso luego de aplicarles cloruro de cobalto en áreas retinales, lo que bloquea la liberación de calcio en las sinapsis de los conos, bastones y otras células, las células que poseen proyecciones hacia el SCN y continuaban transmitiendo información a este núcleo. Luego, para comprobar la relación de estas células con los ritmos circadianos, se evaluó la característica foto-receptora, observando los cambios en los picos, demostrando mayor despolarización a medida que aumentaba la intensidad de la luz, sin mostrar cambios en la curva de respuesta cuando se presentaban diferentes foto-pigmentos. Asimismo, se observó que integran muy lentamente la estimulación luminosa, no respondiendo así, a estímulos breves.

Aquí se ha presentado la base estructural que regula el sueño, lo que es de relevancia teórica para fines de la investigación, pues los ritmos circadianos regulan las horas a las que las personas se van a dormir y se levantan, la cantidad de horas que se duerme en la noche y que, por tanto, puede influir en el sueño diurno (Pinel, 2007). Ahora, se tratará aquellas estructuras que permiten que las personas estén o no despiertas, que se activan a la par de los ritmos circadianos.

## **2.1. Estructuras implicadas en el mantenimiento de la vigilia y el sueño**

Conociendo el mecanismo encargado de la regulación de sueño y vigilia, es importante conocer las estructuras implicadas en el mantenimiento de la vigilia e inducción y sostenimiento del sueño. En el caso de la vigilia, es el estado caracterizado por mayor conciencia, en donde se suceden todos los procesos

cognitivos y que tienen un propósito, un estado conductual (Blanco, 2008; Velayos, 2009).

Para mantener el estado de vigilia, debe existir cierta actividad cerebral, en donde la atención juega un papel determinante, así como las estructuras, especialmente en el tallo cerebral, que regulan la misma (Carlson, 1996, Velayos, 2009). Estas estructuras, según Pinel (2007) son el hipotálamo posterior, alta actividad en la formación reticular (sistema reticular activador) y formación reticular caudal. A este respecto, Carlson (1996) y Kalat (2010) arguyen que en la formación reticular, la parte excitadora de la corteza es el ponto-mesencéfalo, que mantiene el estado de vigilia liberando acetilcolina y glutamato en su proyección hacia partes anteriores del cerebro, excitando células de otras estructuras como el tálamo, hipotálamo y ganglios basales, así como el estriado, hipocampo y corteza frontal (Carlson, 1996).

En el ponto-mesencéfalo, se encuentra el locus coeruleus, que libera norepinefrina por toda la corteza cerebral, manteniendo el estado de vigilia, mientras que durante el sueño, esta estructura está totalmente inactiva (Carlson, 1996). Asimismo, es relevante para el estado de vigilia el hipotálamo, como se había mencionado anteriormente, ya que es responsable de la liberación de histamina y orexina; esta primera mantiene un estado de alerta y excitación en todo el cerebro, mientras que la segunda se proyecta hacia el cerebro basal anterior, y es necesaria para que los individuos se mantengan despiertos (Kalat, 2010).

Ahora bien, se conoce que para mantener el estado de vigilia, ciertas estructuras se deben mantener activas mientras existe liberación de neurotransmisores excitadores de la corteza; para el estado del sueño sucede algo similar. Una de las características principales del sueño y que diferencian este estado de consciencia de los demás mencionados anteriormente es que, además de la posibilidad de control de su inicio y fin, no consiste en una *desactivación* del sistema nervioso, sino que supone la activación de estructuras particulares que inducen este estado (Velayos, 2009). Este mecanismo de

inducción al sueño, supone, en primer lugar, una baja actividad en el sistema reticular activador y caudal, contrario a la vigilia, pues una baja actividad en estas zonas disminuyen la tonicidad de los músculos axiales y se encargan del movimiento ocular que ocurre durante el sueño, bajan la temperatura corporal, entre otros cambios fisiológicos (Pinel, 2007).

En el cerebro basal anterior, hay axones que se proyectan hacia todas las regiones cerebrales liberando el neurotransmisor GABA, que es el principal inhibidor del sistema nervioso y que impide la actividad sináptica, produciendo así la disminución de indicadores fisiológicos como la temperatura, frecuencia metabólica y la actividad neuronal en general, por lo que, a pesar de que las neuronas sigan respondiendo ante los estímulos ambientales, no lo hacen con la misma intensidad, el impulso nervioso no se transmite a otras áreas cerebrales y hay poca integración en los módulos talámico-corticales especializados, lo que causa la baja de consciencia (Massimini et al., 2005). También se aprecian diferencias en la activación de las distintas zonas cerebrales y así de las respuestas conductuales y fisiológicas a lo largo del estadio de sueño, según el tiempo transcurrido y según la estructura del sueño (Massimini et al., 2005; Kalat, 2010; Aserinsky y Kleitman, 1953; Carlson, 1996).

Ya mencionadas las estructuras que subyacen al estado de vigilia y al estado de sueño que pueda presentar cada individuo en determinado momento, se evidencia su relevancia teórica, ya que se explicitan las estructuras activas que inducen al sueño y que se mantienen así durante el mismo, y para el presente estudio se utilizan como indicadores de este estado en los sujetos. Se mencionó que estas estructuras activadas pueden variar dependiendo del momento del sueño o bien, de la estructura del mismo por lo que se pasa a describir las etapas del sueño.

## **2.2. Etapas del sueño**

Todos los seres vivos cumplen con unos ciclos circadianos, que corresponden con una alternancia entre períodos de vigilia y de sueño (Alcaraz,

2001; Pinel, 2007; Velayos, 2009). De este modo, se ha conceptualizado el sueño como un estado biológico activo de pérdida de consciencia, mas no de actividad, que es periódico y reversible, provoca cambios electrofisiológicos, musculares, en el flujo sanguíneo y consumo de glucosa, actividad del sistema neurovegetativo y umbrales de reacción (Pinel, 2007; Purves, 2007; Velayos, 2009).

En vigilia se observa en personas mayores a los 8 años dos tipo de ritmos electroencefalográficos muy claros: el ritmo alfa caracterizado por ondas sinusoidales con frecuencia entre 8,5 y 13Hz y amplitud de 50  $\mu$ V, y el ritmo beta caracterizado por ondas rápidas de 14Hz o mayor y bajo voltaje de 30  $\mu$ V (Kooi, 1975). El estado de sueño comienza cuando los niveles de vigilia de las personas descienden, enlenteciendo las ondas cerebrales, pasando de ondas alfa (8-13 Hz) a ondas con frecuencias más bajas (theta entre 4 y 7 Hz o delta de 3 Hz o menos), que dependerán del estadio del sueño (Pinel, 2007).

La estructura del sueño que se ha definido a lo largo de los años, se ha basado en los descubrimientos de Aserinsky y Kleitman (1953), con métodos de electroencefalograma (EEG). Estos autores monitorearon el sueño de 20 sujetos en un primer estudio y 14 en un segundo con la técnica indicada, encontrando que entre 1 hora 40 minutos y 4 horas 50 minutos luego de haber ido a dormir, los sujetos empezaban a tener un movimiento rápido de los ojos, al mismo tiempo que se encontraba un registro eléctrico similar al estado de vigilia (ondas con baja amplitud y frecuencia irregular – 15-20 segundos y 5-8 segundos), activación del sistema autónomo y menor ritmo respiratorio; así aunque se presentaba una actividad eléctrica similar al estado de vigilia, los participantes expresaban haber estado dormidos.

Estos descubrimientos de Aserinsky y Kleitman (1953), fueron la primera evidencia de que el sueño está conformado por estadios diferenciados, donde ocurren cambios a nivel eléctrico y fisiológico. A partir de esta distinción, el sueño se puede dividir en dos etapas, la etapa NREM (por sus siglas en inglés *non rapid eye movement*) y la etapa REM (por sus siglas en inglés *rapid eye movement*). Durante la etapa NREM, es particularmente importante la región basal del

prosencéfalo, cuya estimulación produce somnolencia y el área preóptica, que regula la temperatura corporal (Carlson, 1996).

Los autores Kaufmann et al. (2006), realizaron un estudio a respecto de conocer las regiones que se activaban más o menos durante la etapa del sueño NREM, utilizando técnicas de EEG y fMRI. Para esto, les pagaron a 9 voluntarios sanos, sin alteraciones del sueño ni desórdenes psiquiátricos o neurológicos, ni registros de consumo de drogas con edad media de 24,7 años. A estos sujetos se les privó del sueño durante 36 horas, tomándoles registro eléctrico cerebral en 15 ocasiones al momento de dormir, encontrándose una desactivación de la mayor parte del cerebro, especialmente zonas como el lóbulo frontal (inferior, medial y superior), el cuerpo del núcleo caudado y el núcleo anterior del tálamo con una predominancia del hemisferio derecho, el hipotálamo, giro temporal superior, lóbulo parietal inferior y lóbulo occipital; mientras que una mayor activación se encontró en regiones límbicas, en la corteza cingular anterior y posterior.

Durante el sueño NREM, ocurren diferentes niveles que determinan un mayor o menor estado de consciencia y conllevan una mayor o menor actividad eléctrica cerebral (Velayos, 2009). De esta manera, se han definido cuatro fases diferenciadas por las ondas registradas en el cerebro: Fase I con un predominio de ondas alfa, similar a las de vigilia, ligeramente más lentas, al igual que la aparición de las ondas de Vérte; Fase 2, donde se empiezan a observar husos del sueño (*spindles*) y los Complejos K; Fase 3, con la presencia ocasional de ondas delta y, finalmente, Fase 4, con predominio de ondas delta (Hernández y Olmos, 2004; Pinel, 2007; Purves, 2007; Velayos, 2009). De interés, como se explicará posteriormente, para la presente investigación son los husos del sueño, serie de ondas sinusoidales que se observan inicialmente de manera simétrica y sincrónica en regiones centrales y parietales con una frecuencia de 12 a 14 Hz y que posteriormente se van hacia regiones frontales con una frecuencia de 10 a 12 Hz (M. Moreno, comunicación personal, Marzo 6, 2012).

A este respecto, Kaufmann et al. (2006), en su investigación hallaron que las fases 1 (S1) y 2 (S2) presentan una actividad cerebral similar, aunque en la

primera se observa mayor actividad en el giro frontal medio, el giro supramarginal, giro temporal superior, corteza cingular y área suplementaria motora, mientras que la segunda presenta mayor actividad en el cerebelo, hipocampo y giro hipocampal. En comparación con el sueño de ondas lentas, que implica la fase 3 (S3) del sueño NREM, se encuentra, en comparación con S1, mayor actividad en cerebelo, giro parahipocampal e hipocampo, en tanto que, en comparación con S2, se encuentra mayor función en las mismas área anteriores más el giro medial occipital, giro temporal inferior, giro angular e ínsula derecha.

En contraste, el sueño REM está regulado por mecanismos ubicados en el tallo cerebral, y se relaciona especialmente, con la segregación de acetilcolina (Carlson, 1996). A este respecto, Maquet et al. (1996), realizaron un estudio con una muestra de 30 sujetos hombres, sanos, con edad promedio de 22,5 años y preferencia manual diestra, en donde se pretendía hallar la neuroanatomía del cerebro durante el sueño y las ensoñaciones. Con técnicas de EEG, electroculograma (EOG) y electromiograma (EMG), a los sujetos se les conectarían los aparatos al momento de dormir, cuestión que se realizaría en tres oportunidades a lo largo de una semana, en donde para las dos segundas oportunidades, se les daría la instrucción de no dormir el día previo, para seleccionar nueve sujetos que presentaran dos períodos de sueño de ondas lentas y REM. También se utilizó una técnica de registro de flujo sanguíneo cerebral (*regional cerebral blood flow* – rCBF). Luego del escaneo, los sujetos eran despertados y se les preguntaba por lo que habían estado pensando o soñando. Se realizó una correlación entre los datos arrojados por el rCBF y el estadio REM, encontrándose así una correlación significativa con la corteza cingular anterior ( $p= 0,001$ ), parte posterior del opérculo parietal derecho ( $p= 0,002$ ), amígdala derecha ( $0,021$ ) y corteza entorrinal circundante ( $p= 0,028$ ).

Con estos datos, Marquet et al. (1996) confirman que durante el sueño REM existe una mayor activación en áreas del tallo cerebral, sistema límbico y la corteza cingular, lo que concuerda con su hipótesis de hallazgos anteriores de una activación de la formación reticular pontina durante este estadio. Si bien los

autores comentan que otras regiones del cerebro se ven activadas en menor medida, no parece ser significativa y se dan por las proyecciones de las estructuras activadas hacia otras regiones cerebrales.

Dicho lo anterior, Marquet et al. (1996) han conceptualizado que durante toda la noche, las personas van pasando por todas las fases descritas, pasando de un sueño ligero (S1), a un sueño más profundo (S3), luego se van sucediendo las mismas fases en sentido opuesto, y durante toda la noche, se va pasando a períodos con sueño más o menos profundo y períodos cortos de vigilia y, luego de la primera vez que el sujeto llega a S3 del sueño NREM y empiezan a alternarse estas fases (Carlson, 1996; Pinel, 2007; Kalat, 2010), cuando a aproximadamente en entre 1 hora 40 minutos y 4 horas 50 minutos (media= 3 horas 14 minutos) de sueño, empieza el sueño REM por períodos de duración alrededor de 1 a 20 minutos, y apareciendo nuevamente entre 1 hora 10 minutos y 3 horas 50 minutos (media= 2 horas 16 minutos) después de la primera aparición y, mientras más largo sea el tiempo de sueño del individuo podrían aparecer entre cuatro veces, tomando en cuenta que se ha tomado una media de sueño de 7 horas (Aserinsky y Kleitman, 1953), mientras que en períodos de sueño de 8 horas, se espera entre cuatro y cinco estadios REM (Carlson, 1996). Dado que en esta investigación, la variable a tomar en cuenta es la toma de siestas, esta información es relevante teóricamente, pues indica la duración media que debería durar un sueño diurno, que implica, en mayor medida el sueño NREM, tema que se ampliará más adelante.

Cabe destacar que Iber, Ancoli-Israel, Chesson y Quan (2007) hicieron una reestructuración para la Academia Americana de la Medicina del Sueño en la que fueron unidas las fases III y IV del sueño, por lo cual actualmente se consideran en los estudios polisomnográficos solamente las Fases I, II y III, predominando la aparición de husos del sueño en la fase II preferentemente en regiones parietales y frontales y esporádicamente en la Fase III. Sin embargo, muchos estudios siguen utilizando la clasificación tradicional lo que se evidencia en la revisión realizada para esta investigación.

Los ciclos de sueño (diurnos y nocturnos) son variables en función de la escala filogenética, así como de la maduración de las personas, y hasta ahora, no se han encontrado diferencias significativas en función del sexo de las mismas (Purves, et al., 2007; Velayos, 2009). Un lactante pasa alrededor de 17 horas al día o más durmiendo, un adolescente entre 9 horas y, a medida que se va madurando, las horas de sueño nocturno disminuyen y las horas y constancia de sueños diurnos aumentan, tomando en cuenta que pueden existir diferencias individuales (Purves, et al., 2007). A nivel estructural, Carlson (1996) enfatiza que la cantidad de husos del sueño de personas mayores es menor en comparación con los jóvenes.

Considerando lo anterior, es de relevancia para la presente investigación que se controle la edad ya que, como se ha descrito anteriormente, la misma influyen no sólo en los estadios del sueño y en la profundidad y duración del mismo sino en los grafoelementos como los husos del sueño, que aparecen durante el mismo. Esto es una base teórica para el control de posibles variables que pueden hacer variar resultados en función de la edad de las personas, pues presentan no sólo una cantidad de sueño diferente, sino un estructura que puede variar, tal como el número de husos total y, por otra parte, se ha expuesto una variedad de cambios a nivel cerebral que ocurren en este estado, sin embargo, es relevante los cambios que esto podría provocar y que son fácilmente observables, lo cual será desarrollado posteriormente.

### **2.3. Siestas**

En promedio, el sueño nocturno de una persona sin alteraciones del sueño oscila entre 7 horas (Aserinsky y Kleitman, 1953) y 8 horas (Mednick, Nakayama y Stickgold, 2003). Ahora bien, gran parte de la población suele tener, además, un sueño diurno o siesta, que generalmente se sucede a horas de la tarde, después de la 1:00pm y máximo hasta las 4:30pm, en promedio, y que tiene una duración aproximada de entre 60 y 90 minutos (Mednick, et al., 2003).

El sueño nocturno es más prolongado que las siestas, por lo que la estructura de estos se diferencia. Por ejemplo, en las siestas, el sujeto tiene un sueño prioritariamente de ondas lentas (en sueño NREM, S3) y también, en menor medida, sueño REM, aunque bien podría no llegarse a este segundo estadio, mientras que la mayoría de las personas sí llegan a S3 (Mednick, et al., 2003). Las estructuras y áreas activadas durante estos períodos cortos de sueño son las mismas que se activan durante el sueño nocturno e igual sucede con las estructuras menos activadas, si bien se ha encontrado que principalmente, el sueño diurno y el sueño nocturno difieren en la predominancia del período o estadio del sueño, tal como se dijo anteriormente, por lo que se esperaría una predominancia de husos del sueño durante las siestas (Mednick, et al., 2003).

La información citada es una base teórica de gran relevancia, pues aporta los datos e indicadores que se esperan hallar en períodos de sueño con diferente duración, siendo, especialmente relevantes para la actual, los diversos estadios de sueño NREM (S1, S2 y S3).

#### **2.4. Efectos conductuales del sueño/siestas**

Se ha visto que durante el sueño ocurren cambios en la actividad cerebral y que puede variar igualmente, con respecto a la fase o estadio del sueño en el que se encuentre el sujeto. Ahora bien, autores se han cuestionado sobre las implicaciones observables o empíricas que tiene el sueño sobre la conducta, cognición y emoción de las personas, al igual que la privación del mismo (Carlson, 1996; Pinel, 2007; Kalat, 2010).

A este respecto, se ha partido de la observación de que tras una noche de privación de sueño, los sujetos presentan dificultades para mantener procesos de atención, memoria y actividades motoras (Montes-Rodríguez, Domínguez-Martín y Próspero-García, 2008). Se ha planteado que el sueño tiene una principal función que es la *restauración* de las células, de manera que durante el sueño, los organismos eliminan los radicales libres que se han generado durante la vigilia, los cuales son producto del estrés y oxidación y que afecta directamente a los

circuitos corticales excitadores ; reabasteciendo el almacén de glucógeno cerebral (Benington y Heller, citado en Montes-Rodríguez, et al., 2008) y re-distribuyen los elementos que requiere un apropiado funcionamiento neuronal (Reimund; Benington y Heller; Gally y Edelman, citado en Montes-Rodríguez, et al., 2008).

Asimismo, en conjunto con los hallazgos anteriores y las observaciones de un deterioro de las funciones cognitivas con la privación del sueño, se ha convenido plantear que el sueño fomenta la plasticidad o fuerza neuronal, facilitando el proceso de la memoria (Montes-Rodríguez, et al., 2008). Ambrosini y Giuditta, plantearon la *teoría secuencial del sueño*, la cual dicta que la estructura del sueño se encuentra influida por la información que se ha adquirido durante el período de vigilia, pues esta información será procesada durante este ciclo completo de sueño y, al mismo tiempo, se debilitan las redes neuronales que no fueron utilizadas, lo que se puede resumir como una *reorganización* sináptica (Montes-Rodríguez, et al. (2008).

Durante la vigilia, la actividad en la corteza cerebral y en el hipocampo facilitan la excitabilidad celular y la plasticidad sináptica, para generar aprendizajes y, durante el sueño se fomenta el almacenamiento de la información adquirida, reforzando las redes neuronales que se han creado y que se manifiesta en un mejor recuerdo o memoria (Montes-Rodríguez, et al., 2008).

De esta manera, se empieza a establecer una relación del sueño con procesos cognitivos, especialmente la memoria y esto puede ser observado mediante la ejecución del sujeto en una actividad particular que evidencie dicho proceso, produciendo una posible facilitación en la adquisición de la información y evidenciando un mejor desempeño en la actividad. Esto permite ofrecer períodos de descanso necesarios para que los sujetos puedan mantener un mayor rendimiento en diversas actividades. Así se hace relevante conocer cómo se han medido estos hallazgos a nivel cerebral.

### 3. Electrofisiología

A lo largo de los años se han diseñado diferentes técnicas para ver el funcionamiento del cerebro, áreas y estructuras más o menos activadas para detectar ciertas enfermedades, disfunciones o funcionamientos diferentes a lo que se espera (Gluck et al., 2008). Existen técnicas invasivas, que son normalmente utilizadas por médicos para detectar alguna disfunción estructural en el cerebro de un paciente y son más complejas y a veces más costosas, que requieren de inyectar algún componente o reactivo en los sujetos, para detectar el recorrido del mismo o bien seguir la reacción de estos por el uso de grandes aparatos especializados (Navarro, 2006). También están las técnicas no invasivas, que son más sencillas de utilizar, pues no requieren que se haga una intervención directa e interna en el sujeto (Navarro, 2006). Estas técnicas, desde la medicina, han sido llevadas a la neurociencia cognitiva y se apoyan en la neuropsicología para estudiar las estructuras cerebrales subyacentes a los diversos procesos cognitivos, de forma que unas serán más destacadas para ciertos procesos por las ventajas que ofrece para el estudio del mismo (Kandel, et al., 1997). De este modo, se utilizan métodos diferentes para el estudio del sueño y para el estudio de la memoria o de otros procesos cognitivos.

Como se ha ido mencionando, el sueño implica ciertos cambios a nivel muscular, fisiológico y eléctrico, los cuales se registran mediante diversas técnicas de polisomnografía (Carlson, 1996; Pinel, 2007; Kalat, 2010). El uso de estas técnicas para la exploración del sueño implican el electromiograma (EMG), el cual consiste en la conexión de electrodos en el cuello de los animales o en la mandíbula de los seres humanos, para registrar la actividad muscular (Blanco, 2008) y el electrooculograma (EOG), con los electrodos en la comisura de los ojos, para registrar el movimiento ocular (Carlson, 1996).

Si bien estos métodos aportan información útil para detectar los estadios del sueño, es fundamental para la precisión el registro eléctrico del cerebro, por lo que se utilizan otras técnicas, entre las más relevantes, el electroencefalograma (EEG), técnica para la cual se conectan electrodos en el cuero cabelludo de los

sujetos (Carlson, 1996; Blanco, 2008) y consiste, según Navarro (2006), en un “registro eléctrico de las variaciones de las diferencias de potencial producidas por las células cerebrales” (p. 164).

Por otro lado, la técnica más usualmente utilizada para estudio de procesos cognitivos, en este caso, la memoria, es la *Tomografía por Emisión de Positrones* (TEP) y la Imagen de Resonancia Magnética Funcional (fMRI, por sus siglas en inglés), que se han basado en los principios de la *Tomografía Axial Computarizada* (TAC) y la *Resonancia Magnética* (RM) para observar la anatomía cerebral (Navarro, 2006). La TEP se fundamenta en la inyección de una sustancia radioactiva (2-desoxiglucosa radiactiva) en el flujo sanguíneo de la persona, específicamente en la arteria carótida, que va directamente al cerebro (Pinel, 2007) para detectar por medio de la radiación que esto genera, las regiones cerebrales que están más activadas, por medio de imágenes estructurales (Gluck et al., 2008). La fMRI funciona de manera similar a la anterior, pero se fundamenta en la oxigenación de la sangre, asumiendo que la sangre oxigenada y la desoxigenada producen diferentes señales eléctricas, de forma que, al tomar imágenes por resonancia magnética, se construye una imagen diferencial, pudiendo observarse las regiones cerebrales más activadas, según el flujo sanguíneo (Gluck et al., 2008).

Estas dos técnicas mencionadas, son ampliamente utilizadas para detectar las regiones cerebrales que se activan en el cerebro *in vivo* (Pinel, 2007), sin embargo, también se suele utilizar, más actualmente, como técnica no invasiva, el mapeo cerebral por medio del electroencefalograma cuantitativo que, con base en la información que se registra con el EEG tradicional, un programa informático realiza un mapa representacional de las regiones cerebrales, mostrando las áreas de mayor y menor activación, según los potenciales diferenciales de la actividad eléctrica (Navarro, 2006), considerando la frecuencia y amplitud de los ritmos cerebrales (alfa, beta, theta y delta) antes y después de la siesta durante la ejecución de la tarea de memoria procedimental, lo cual es representado en tablas

porcentuales con los nombres de índice de cambio del ritmo de amplitud y en la mudanza del índice del ritmo (frecuencia).

Tal como argumenta Marosi (2011), los mapas topográficos que resultan de un EEG cuantitativo, ofrecen una representación en dos o tres dimensiones de las regiones cerebrales, indicando por medio de colores, cuáles están más o menos activadas durante la realización de cierta tarea, según el rango de actividad cerebral (por la aparición de ondas de mayor frecuencia) que se establece.

Otro método muy utilizado para evaluar la actividad cerebral relacionada a procesos cognitivos, son los potenciales relacionados con eventos (PRE), el cual se realiza con la técnica de EEG, agregando una promediación de un segmento (época) del EEG ligado a un estímulo o condición experimental que representa la actividad cerebral de un individuo como respuesta a una tarea específica (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011). Esta técnica representa la ventaja de ser más precisa en la evaluación del tiempo real en la relación dinámica entre esta actividad y el proceso cognitivo que se estudia, proporcionando una cronología y secuenciación temporalmente precisa de los procesos mentales del individuo (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011).

Bernal, Rodríguez, Prieto y Romero (2011) señalan la importancia de eliminar la actividad eléctrica de origen no cerebral (limpieza de artefactos) que es registrada en el EEG, lo cual se hace actualmente a través de algoritmos que están en sistemas computarizados del mercado. Lo cual no descarta el análisis visual para descartar manualmente aquellos artefactos que no fueron rechazados por el programa automático, luego de lo cual se realizan los análisis correspondientes del trazado electroencefalográfico.

Las técnicas electrofisiológicas señaladas, sin embargo, tienen relativamente menor precisión espacial a diferencia de las técnicas por imágenes, y no discriminan cambios subcorticales, ya que sólo son sensibles a los cambios postsinápticos que ocurren de manera simultánea en la corteza cerebral, por ser la zona más cercana a la ubicación de los electrodos, el cuero cabelludo, pero aún

así representan un recurso valioso para el estudio del procesamiento de información por lo indicado anteriormente en cuanto a su gran resolución temporal (Gluck, 2008;Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011).

Es así que los PRE serán utilizados para el registro de los datos en esta investigación, por lo que la información presentada es un referente teórico que permite emplear las técnicas e interpretar los datos de manera adecuada.

### **3.1. Técnicas EEG**

Las técnicas EEG, desarrolladas por Hans Berger en 1939, se fundamentan en la posibilidad de detectar la actividad neuronal dado que la comunicación entre neuronas tiene una base electroquímica, dando la ventaja, a diferencia de otras técnicas, de que ofrece un índice general del funcionamiento del cerebro en su totalidad (Kolb y Whishaw, 2009). Esta técnica de registro se utiliza en el estudio del sueño, en el control de anestesia, en el diagnóstico de epilepsia y otros daños y en el estudio y registro del cerebro normal (Kolb y Whishaw, 2009), permitiendo en la mayoría de las ocasiones, detectar localizaciones anatómicas de cierta activación o daño cerebral, si bien no la etiología del daño o lesión (Navarro, 2006).

Para aplicar esta técnica, es necesario conectar al menos 2 electrodos (Kolb y Whishaw, 2009) y hasta 22 de manera simétrica por todo el cuero cabelludo de los sujetos para lo cual se utiliza internacionalmente el Sistema 10-20 de Jasper (1958), que se explicará posteriormente. Entre el electrodo y la piel se coloca una pasta conductora que puede estar compuesta por bentonita, glicerina, cloruro de calcio o cloruro de sodio (Navarro, 2006). Es importante en el registro de los PRE que la impedancia o resistencia del electrodo al paso de la corriente eléctrica cerebral sea igual o menor a 5 KOhm (Bernal, Rodríguez, Prieto y Romero, 2011). Blanco (2008) señala que, siendo los potenciales eléctricos cerebrales de bajo voltaje, se requiere que sean amplificados miles de veces mediante programas computarizados (Blanco, 2008).

El sistema de Jasper para la colocación de los electrodos o bien, el montaje 10-20, se basa en que la posición de los electrodos debe ser proporcional para las medidas de cada cráneo particular, de modo que cada electrodo sea colocado en el lugar correspondiente según la nomenclatura Fp, F, C P, T y O para fronto polar (frente), frontal, central, parietal, temporal y occipital, respectivamente, acompañado por un número, impar o par, según sea izquierda o derecha y z para los electrodos en línea media de la cabeza; la distancia entre cada electrodo es de un 20% según el tamaño del cráneo y, la distancia de Fp a las cejas debe ser de 10%, así como de los O a la línea media (Klem, Lüders, Jasper y Elger, 1999; Rowan y Tolunsky, 2004). También se coloca un electrodo en cada pabellón auricular, identificado con la letra A, que son utilizados como electrodos de referencia, ya que no registran actividad eléctrica cerebral (o es muy pequeña) y, para un montaje monopolar, el programa de EEG, registra la diferencia entre cada electrodo situado de una región cerebral con el de referencia; diferente a un montaje bipolar, donde se registra la diferencia entre dos electrodos con actividad cerebral (Rowan y Tolunsky, 2004).

Luego de la colocación del montaje, para comenzar a utilizar este registro, es de gran importancia establecer una línea base, colocando al sujeto en una posición relajada (p.ej. sentado cómodamente o acostado) y con los ojos cerrados, que permite observar sus ritmos basales, así como con los ojos abiertos condición con la cual se realizarán posteriormente las actividades cognitivas y las observaciones y conductas correspondientes con los objetivos particulares de la investigación (Navarro, 2006).

Al presentar un estímulo se activan diversas áreas del cerebro que responden tanto a este estímulo (manipulado) como otros que están presentes en el ambiente y, asimismo, se activan otras zonas cerebrales asociadas a la principal región que da la respuesta (Gluck, 2008). Para detectar estos cambios eléctricos cuando se utilizan los PRE, se presenta una actividad cognitiva particular y se promedia repetidamente diversos momentos de la actividad cerebral registrada en el EEG que se genera ante esa tarea, en búsqueda de

patrones de actividad (Gluck, 2008; Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011). Para esto, se parte del principio de que la actividad cerebral no relacionada al proceso en observación (denominado ruido o artefacto) no se mantiene durante todas las repeticiones del estímulo y sólo las neuronas que responden al estímulo sensorial específico se activarán sistemáticamente con cada repetición (Gluck, 2008; Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011).

De esta forma, según Rodríguez, Prieto y Bernal (2011), los PRE reflejan la actividad eléctrica cerebral en respuesta a un evento sensorial, motor o cognoscitivo, definidos como una serie de ondas con cambios de voltaje observados por su polaridad positiva o negativa (amplitud), latencia y ubicación cerebral y, estos picos que se presentan como negativos o positivos es lo que se estudia como los componentes (Gluck, 2008; Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011). La latencia permite evaluar el tiempo de procesamiento cognitivo, la amplitud mide el esfuerzo para realizar la tarea y el área bajo la curva proporciona la cantidad de información que es procesada durante la tarea (Moreno, 1992).

Generalmente, los componentes que se presentan previo a los 100 ms de latencia (tiempo que va desde la presentación del estímulo hasta la respuesta) se llaman componentes exógenos, determinados principalmente por las características físicas de los estímulos que los generan, mientras que los componentes que generalmente aparecen después de los 100 ms son los componentes endógenos, muy sensibles a los cambios en el estado psicológico del sujeto, al procesamiento de la información requeridas, a las estrategias y decisiones del sujeto en cuestión, a diferencia de los exógenos (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011).

Los diferentes componentes mantienen una nomenclatura definida por P (cambio positivo), que indican el pico superior de la onda resultante y N (cambio negativo) el pico inferior, y esta es la medida de la amplitud; luego, se agrega un número que indica el tiempo que tardó en alcanzar el pico después de la presentación del estímulo, lo que implica la medida de latencia (Gluck, 2008; Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011). Así, por ejemplo, el componente P1 sería el

primer pico positivo que ocurre alrededor de 50 milisegundos (ms) después de la presentación del estímulo, N1 sería pico negativo que ocurre alrededor de 100 ms después de la presentación del estímulo y así sucesivamente P2, N2, P3, entre otros.

Para la extracción de estos componentes definidos, es necesario eliminar del EEG los artefactos (Gluck, 2008) y luego utilizar un método para la extracción, donde el más utilizado es el análisis de componentes principales (ACP), sustentado en patrones de covarianza (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011), de manera que busca fuentes de varianza comunes en el conjunto de valores que muestran las variaciones de voltaje en tiempo, localización del electrodo y diferente manipulación experimental (Donchin y Heffley, citado en Silva-Pereyra, 2011), definido en el Programa Neuron-Spectrum 5, que se utilizará en el presente estudio, como Análisis de Componentes Independientes (ICA).

Un aspecto a considerar es cómo identificar un componente de los PRE que se vincule funcionalmente con un proceso cognitivo particular y las redes o conexiones neuronales subyacentes. Rodríguez, Prieto y Bernal (2011), señalan que esta aproximación funcional a la definición de un componente, es utilizada por muchos investigadores del área para lo cual se busca relacionar el componente con algunas medidas conductuales, lo que se hizo en el presente estudio, y manipulando variables independientes que afecten el componente, definiéndolo “en términos de la función cognoscitiva que se piensa que ejecutan los sistemas cerebrales cuya actividad se registra en el cráneo” (p.48) y tomando en cuenta la etapa del procesamiento de información. En este sentido, es relevante lo planteado previamente por Cabeza y Nyberg (2003) quienes identificaban “los patrones típicos de activación para cada función cognitiva utilizando una evaluación cualitativa de la frecuencia de activación” (p.45) en los estudios, lo cual se mantiene como procedimiento en la actualidad y se consideró en la presente investigación.

Todos estos procedimientos se utilizarán para la presente investigación y la fundamentación de estos métodos de registro es relevante para la posterior

interpretación de los datos, utilizando las estrategias de PRE por su precisión temporal.

### **3.2. Medición de las etapas y fases del sueño**

Mediante el uso de EEG, se han realizado registros de la actividad cerebral de las personas en todos los estados de consciencia y realizando diversas tareas para concluir sobre la mayor o menor activación de ciertas áreas cerebrales (Kolb y Whishaw, 2009). Como se señalara anteriormente, cuando las personas se encuentran en estados de vigilia activa, en alerta o con atención focalizada, en el EEG se registran ondas beta, caracterizadas por irregularidad, muy alta frecuencia entre 13 y 30 Hz (Kooi, 1975; Carlson, 1996) y baja amplitud de entre 10 y 20 microvoltios, y particularmente, su localización en lóbulo frontal y prefrontal (Kooi, 1975; González de Rivera, 1993). Al momento de cerrar los ojos en períodos aún de vigilia, o bien cuando las personas van a dormir, se registran ondas alfa, particularmente en el lóbulo occipital (González de Rivera, 1993). Estas ondas tienen una frecuencia de entre 8 a 12 Hz y se caracterizan por una alta frecuencia y bajo voltaje (Kooi, 1975; Carlson, 1996; Pinel, 2007).

Cuando la persona se ha quedado dormida, se encuentra en S1 (sueño NREM), en esta etapa, en un registro EEG se observan ondas similares a las ondas alfa, pero más lentas (Pinel, 2007), ondas theta que tienen una frecuencia de entre 3,5 a 7,5 Hz (Carlson, 2007) y de aparición predominante en el lóbulo temporal (González de Rivera, 1993) Otro indicador importante de esta fase del sueño es la aparición de las ondas agudas de Vertex, caracterizadas por mostrar una amplitud mayor a 20 microvoltios y que suele aparecer en los segundos finales de esta fase (Hernández et al., 2004). Si la persona continúa con un sueño normal, pasa a S2, en donde la actividad cerebral se vuelve más irregular, con una disminución de la frecuencia de las ondas y un aumento del voltaje de las ondas theta y, además, se observa dos nuevos tipos de ondas, unas se caracterizan por ser una única onda súbita, aguda y de gran tamaño negativa (*deflexión ascendente*) que pasa al polo positivo luego (*deflexión descendente*), llamadas Complejos K y que únicamente se presentan en esta fase del sueño, presentadas

aproximadamente una por minuto y pueden ser desencadenadas por algún ruido, y el segundo tipo de ondas, son los husos del sueño, que tienen una duración aproximada de 1 a 2 segundos y van de 12 a 14 Hz (Carlson, 1996; Pinel, 2007). Finalmente, en el S3, hay aparición de ondas delta, las cuales son ondas muy lentas de frecuencia entre 1 y 2 Hz y amplitud cercana a los 75 microvoltios (González de Rivera 1993; Pinel, 2007).

Al llegar a la fase 3, como ya se explicó, empieza a haber una fluctuación de las etapas, es decir, se pasa de S3 a S2, de S2 a S1 con períodos de microdespertares, siguiendo con los mismos patrones de actividad cerebral mencionados, con cambios en los registros EEG, EOG y EMG. Al llegar a la fase REM, hay movimientos oculares rápidos y atonicidad muscular (además de otras fluctuaciones ya mencionadas) (Carlson, 1996; Pinel, 2007). También es posible observar actividad de ondas beta y ondas alfa más lentas que en vigilia, por lo que se conoce como *sueño paradójico* por su parecido a los estados de vigilia, a pesar de que la persona se encuentre realmente dormida (Carlson, 1996).

Al concluir un ciclo de sueño de 8 horas aproximadas de duración, se encuentra que una persona adulta sin ningún tipo de alteración del sueño o psiquiátrica y sin consumo de drogas, pasa mayor tiempo en sueño NREM, siendo en total, un 75% del tiempo en sueño, distribuido en 5% en el estadio S1, 50% en S2, y 20% en S3, mientras que en sueño REM se pasa el 25% restante (González de Rivera, 1993).

Estos hallazgos suponen una relevancia práctica y teórica para la investigación, pues aporta el soporte empírico para afirmar que una persona se encuentra dormida, además de lo que es posible observar conductualmente en una persona en este estado. Además, se puede diferenciar mediante la técnica mencionada los diferentes patrones que sigue cada estadio por el tipo de ondas observadas, según su densidad y localización, y, finalmente, detectar cuándo ocurre en el cerebro del sujeto un huso del sueño.

Toda vez abordados conceptos básicos y aspectos técnicos electrofisiológicos en general y en los estudios del sueño, se pasa a revisar los mismos en relación a las redes de memoria.

### **3.3. Redes de memoria y su estudio electrofisiológico**

Al aprender una nueva habilidad, la consolidación de la misma requiere una exposición repetida al estímulo que produce la conducta, lo que lleva a la práctica constante en la ejecución de dicha actividad para poder mantener un mejor desempeño (Peterson et al., 1998), provocando, como ha sido descrito anteriormente, un fortalecimiento en las redes neuronales ubicadas en las distintas regiones implicadas en el aprendizaje de dicha habilidad, ya sea motora, perceptiva o visomotora, produciendo así una reorganización funcional, que conlleva a un fortalecimiento en las sinapsis existentes, creación de nuevas sinapsis, cambios en la estructura celular y mayor consumo de glucosa (Kelly et al., 2005).

Los cambios neuroquímicos y estructurales pueden ser observados a través de técnicas, tales como la fMRI, la PET (*tomografía por emisión de positrones*) y el EEG. La PET y la fMRI representan una medida indirecta de los cambios en la actividad sináptica, ya que se espera que el aprendizaje y el desarrollo produzcan cambios en la morfología cerebral, y estos cambios son los que se pueden observar mediante estas técnicas (Poldrack, 2000). No obstante, a través de la técnica del EEG, se puede medir la actividad eléctrica producida por la sinapsis que ocurre al momento del aprendizaje, encontrándose, además, cambios en la actividad eléctrica en estas regiones mientras las personas duermen (Moroni et al., 2012).

A diferencia de la memoria declarativa, en la que se ha encontrado un sustrato anatómico de activación en regiones tales como el hipocampo y el lóbulo temporal, en la memoria procedimental, se activan otras regiones, siendo específicas a la habilidad que se necesita desarrollar para el desempeño en la tarea (Kelly et al., 2005), encontrándose un aumento en la actividad de regiones

perceptuales y atencionales en el aprendizaje de la habilidad, tales como la corteza prefrontal, la corteza cingulada anterior y la corteza parietal posterior. Dicha activación disminuye mediante la práctica y la automatización de la habilidad. Se ha encontrado que en las habilidades que implican aprendizaje motor ocurre un decremento en la activación sináptica, es decir, una depresión a largo plazo en las fibras paralelas de las células de Purkinje en la región cerebelar, produciendo un refinamiento en el desempeño inclusive a través de un proceso de poda celular, en la cual las conexiones que ya no son necesarias desaparecen (Boyden, Kato, Raymond, 2004). Así, las regiones corticales que se activan dependiendo del tipo de tarea, envían instrucciones a la corteza cerebelar para precisar el aprendizaje de una habilidad motora dándole amortiguación y sinergia (Nguyen-Vu et al., 2013).

Así como el cerebelo, también se ha encontrado una activación en los ganglios basales en el aprendizaje motor, produciendo selección e inhibición de las acciones a realizar, manteniendo conexiones con la corteza frontal (Garrett y Crutcher, 1990). Se ha encontrado, entonces, que el aprendizaje de una habilidad motora mantiene una activación en la corteza prefrontal al inicio, pero a medida que la habilidad se automatiza a través de la práctica, ocurre mayor actividad en otras regiones como la corteza cerebelar, los ganglios basales y la corteza parietal, así como un decremento en la actividad anterior (Shadmehr y Holcomb, 1997).

No obstante, el aprendizaje de una habilidad no sólo incluye una estimulación visual, sino incluye la modalidad auditiva, observándose en el aprendizaje musical y el reconocimiento de frecuencias (Pantev et al., 1998; Silva, Yehia, Sato y Callan, 2013). En la representación auditiva, el estímulo es procesado en la corteza temporal medial y es categorizado en función de la frecuencia de la onda en distintos tonos a nivel supratemporal, independiente de la atención que se preste al estímulo y dependiendo, fundamentalmente, de la exposición repetida hacia el mismo (Pantev et al., 1998; Näätänen, 1990); aun así, la atención sigue manteniendo un rol importante en el aprendizaje auditivo,

mostrando un efecto de facilitación cuando el estímulo es atendido a cuando no es atendido, ya que permite un procesamiento de la información involucrando áreas anteriores (Silva et al., 2013).

Cuando ocurre el aprendizaje de una habilidad musical, ocurre una activación de la representación corporal y sensorial en el sujeto que aprende, involucrando la corteza somatosensorial, lo que le permite asociar un sonido con determinado movimiento (Pantev et al., 1998), encontrándose que en la experticia, ocurre un decremento en dichas regiones y mayor actividad en la corteza auditiva del hemisferio izquierdo y el cerebelo (Schlaug, 2001).

En cuanto a los PRE, Polich (2007) han teorizado, a través de sus hallazgos empíricos, que el componente P300 ha sido el que muestra mayor asociación con actividades que provoquen un procesamiento visual y auditivo. Bajo la misma línea, otros autores han encontrado que el componente P300 mantiene una estrecha relación con tareas que involucran un aprendizaje de estímulos a través de medios visuales y auditivos, como el aprendizaje del orden de dígitos (Jongsmaa, Gerritsa, Van Rijna, Quian Quiroga y Maes, 2011) o el aprendizaje de una señal auditiva relacionada con el aprendizaje de una melodía (Guo y Koelsch, 2015). Sin embargo, autores como Orduña, Liua, Churcha, Eddins y Mercado (2011) han encontrado una relación significativa entre el componente P2 y el aprendizaje en discriminación de estímulos auditivos complejos. En cuanto a tareas que involucran un aprendizaje motor con estímulos auditivos o visuales, existen escasas investigaciones que vinculen este tipo de tarea hacia algún componente específico en la medición de potenciales evocados, lo que implica un reto a investigar.

Se ha encontrado que tras una exposición prolongada de estimulación auditiva en la vigilia, durante el sueño de ondas lentas ocurre una consolidación de las conexiones fronto-temporales y del lóbulo temporal con otras regiones, incrementando la actividad eléctrica cerebral (Cantero, Atienza, Salas y Dominguez-Marin, 2002), almacenando la información auditiva relevante procesada durante la vigilia y desechando la información trivial.

La información presentada es de relevancia para la presente investigación, ya que, al evaluar el desempeño de sujetos en una tarea con demandas de asociación visual y auditiva, antes y después de una siesta, electrofisiológicamente se podrán observar cambios en la actividad cerebral de regiones asociadas al proceso de memoria a través de la latencia, amplitud y área bajo la curva en los PRE. A diferencia de las investigaciones planteadas anteriormente, se espera encontrar una mayor activación en latencias mayores en los PRE, ya que la memoria procedimental se caracteriza por ser un proceso de orden superior, mientras que latencias menores, como los potenciales P200 y P300 están relacionados con la activación de procesos atencionales y perceptuales. No obstante, los estímulos visuales y auditivos, como ha sido descrito anteriormente, muestran un efecto facilitador para la asociación motora y el aprendizaje de una habilidad procedimental, lo que permite la formación de las redes de memoria que serán detectadas a través de los PRE.

#### **4. Hallazgos empíricos sobre la vinculación entre Sueño, Siestas, Aprendizaje y Memoria.**

Con base en los conceptos anteriores, autores como Landmann, et al. (2014), indican el efecto que tiene el sueño en la reorganización de los sistemas de memoria. Específicamente, en lo que respecta a la memoria declarativa, han encontrado que el sueño de ondas lentas durante el sueño NREM produce una mejora en la formación e integración de esquemas, mientras la desintegración de esquemas, encargado básicamente de la resolución de problemas de forma creativa es mejorado posterior a un sueño REM (Landmann et al., 2014).

En la misma línea de la memoria declarativa, Mascetti, et al., (2013), investigaron cómo el decremento en la fuerza sináptica que ocurre en las ondas lentas de NREM pueden mejorar las respuestas neuronales. Para esto, entrenaron a 32 personas entre 18 y 30 años de edad, en una tarea de discriminación de orientación tanto de día como de noche y fueron evaluadas después de 8 horas de vigilia o de sueño respectivamente. Para dicho análisis utilizaron las técnicas de

fMRI y EEG, de manera de registrar las regiones activadas durante la ejecución del programa, así como en el período de siesta y vigilia. Los resultados fueron contrastados con un ANOVA de medidas repetidas, en el que utilizaron como bloques las diferencias individuales y las sesiones experimentales y los grupos como el factor entre-sujeto.

A través del ANOVA de medidas repetidas, los autores encontraron diferencias significativas entre las sesiones ( $F=7,79$ ;  $p=.011$ ) y la interacción entre las sesiones y el grupo ( $F=6,391$ ;  $p=.019$ ), encontrando además que el rendimiento era significativamente mayor en el grupo que dormía ( $p=.007$ ), por lo que ocurre una mejora posterior al aprendizaje al dormir, sin necesidad de práctica adicional. Asimismo, al analizar los registros tomados con las técnicas de fMRI y EEG, encontraron cambios en la proporción de ondas lentas en NREM iniciadas en las áreas occipitales laterales en el sueño posterior al aprendizaje, donde además, este aumento ocurría la mañana siguiente al ser evaluadas nuevamente las respuestas. Los resultados indican que la iniciación local de ondas lentas en el sueño NREM predice la mejora de habilidades posterior y prevé una mejora local en las señales neurales el día después (Mascetti, et al., 2013).

Ahora bien, se ha comparado la eficacia sobre el aprendizaje de las ondas lentas del sueño (NREM, 60 minutos de sueño) y ondas de REM (más de 60 minutos de sueño) y la importancia del sueño REM durante las siestas para el aprendizaje, así como las siestas con el sueño nocturno en un estudio ofrecido por Mednick, Nakayama y Stickgold (2003). En su estudio, estos autores entrenaron a 73 sujetos a las 9:00 a.m. en una tarea de discriminación de texturas visuales, posteriormente, un grupo tomaría una siesta de 60 minutos de duración y otro grupo una de 90 minutos de duración, a las 2:00 p.m., y un tercer grupo, no tomaría siesta. Los grupos fueron evaluados diez horas después de haber aprendido la tarea de discriminación de texturas, resultando que aquellos sujetos que no durmieron en la tarde, obtuvieron un desempeño significativamente inferior a ambos grupos experimentales (umbral de intervalo inter estímulo largo de 13.7 ms,  $p=0.02$ ) e incluso, su rendimiento en la tarea disminuyó (8.4ms,  $p=0.06$ ),

mientras que el grupo que tomó una siesta de 60 minutos (sólo presencia de ondas lentas) no varió su rendimiento (4.4ms,  $p=0.72$ ) y, finalmente, el grupo que durmió 90 minutos en la tarde (presencia de ondas lentas y REM), mejoró significativamente su rendimiento en la tarea de discriminación ( $p=0,008$ ). Asimismo, se evaluaron los mismos sujetos en la misma tarea 24 horas después del entrenamiento y, nuevamente, los grupos que habían tomado siestas, en conjunto, obtuvieron una mejora en un 50% más que el grupo que no tomó siesta.

Por último, los autores combinaron los sujetos del grupo con siesta de 90 minutos más los sujetos con siesta de 60 minutos que alcanzaron el sueño REM y encontraron una mejora en la tarea significativamente superior a los demás grupos (10.0ms,  $p=0.004$ ), correlacionaron la cantidad de sueño de ondas lentas con el sueño REM, obteniendo una correlación estadísticamente significativa ( $r=0.37$ ,  $p=0,01$ ). Con estos resultados, los investigadores concluyeron que, efectivamente, tomar una siesta mejora el aprendizaje en tareas de discriminación de textura visual y que los efectos del sueño diurno son similares a los del sueño nocturno (Mednick, et al., 2003).

Asimismo, Schmidt, et al. (2006), investigaron los cambios en la actividad cerebral en el sueño diurno, después de un aprendizaje de pares de palabras, reportando que los husos del sueño aumentan su densidad después del aprendizaje en el sueño nocturno. Utilizaron 13 hombres jóvenes voluntarios y se sometieron al aprendizaje de dos listas de pares de palabras que diferían en dificultad de codificación asociativa, además de una lista como condición control, siendo estas contrabalanceadas. Después se les permitió dormir unas 4 horas y se volvió a medir el recuerdo de las listas de palabras.

Los autores utilizaron la técnica de mapeo cuantitativo para computar la frecuencia, amplitud y densidad de los husos de sueño, analizando 20 épocas de 4 segundos de duración y correlacionando el umbral de los husos de sueño (11,25-16 Hz) con el puntaje obtenido en la codificación de las palabras. Para el análisis de datos, los autores utilizaron un ANOVA de medidas repetidas, utilizando las variables de localización (frontal, central, parietal y occipital), lado

(hemisferio izquierdo o derecho) y condición (fácil, difícil y control). Se encontró que existe un cambio en la actividad de la corteza frontal en la frecuencia y densidad de las ondas lentas en los husos de sueño cuando se codifica la información de la tarea difícil, pero no con la tarea fácil ( $p < .05$ ). Además, encontraron cambios en el desempeño de la memoria al comparar la actividad cerebral antes y después de la siesta, trayendo como conclusión que, al igual que en el sueño nocturno, en el sueño diurno hay una modificación de la actividad cerebral después de un aprendizaje declarativo, así como que la dificultad del material es determinante para estas alteraciones (Schmidt, et al., 2006).

De manera similar, Wilhelm, et al., (2011), estudiaron el hecho de que las personas recuerdan mejor la información nueva, luego del sueño, si conocen que esta será útil en un futuro próximo; esto, basándose en las ondas lentas que se producen durante el sueño, pues en la fase post aprendizaje estas ondas se incrementan en cantidad, sucediendo lo mismo con la cantidad de husos observados, esperando mayor actividad en las regiones hipocampales. Para el experimento, los autores seleccionaron una muestra conformada por 142 estudiantes universitarios, entre 18 y 25 años de edad, quienes aprendieron una lista de pares asociados. El diseño implicó dos experimentos donde los sujetos fueron asignados al azar a uno de los seis grupos: a tres de estos seis grupos, se les informó, luego de la fase de aprendizaje, que reproducirían lo aprendido nueve horas más tarde, mientras que a los otros tres grupos se les informó que serían evaluados en tareas diferentes (lo que era falso).

Asimismo, se le asignó un horario diferente para la fase de aprendizaje y de evaluación a cada uno de los tres grupos correspondientes a *los avisados* y los *no avisados*, así como una condición de sueño diferente: un grupo con sesión de aprendizaje de 10-11:00 p.m. y evaluación a las 8:00 a.m. y noche entera de sueño; un segundo grupo con sesión de aprendizaje de 10-11:00 p.m. y evaluación a las 8:00 a.m. y noche entera de vigilia y, finalmente un tercer grupo con sesión de aprendizaje de 8-9:00 a.m. y evaluación a las 6:00 p.m. en período de vigilia diurna. Entre ambos experimentos, existieron dos únicas diferencias, la

primera, es que para el *experimento 1*, los sujetos debían aprender una lista de pares asociados (memoria declarativa), mientras que para el *experimento 2*, aprendieron la localización espacial de objetos 2d (memoria no verbal) y una segunda tarea de secuencia de golpeteo con los dedos ("*finger secuencia tapping*"; memoria procedimental). La segunda diferencia, consistió en que a los grupos, luego de ser evaluados nueve horas después del aprendizaje, se les reevaluó el mismo contenido 30 minutos después, mientras en ese período jugaban o realizaban actividades con los experimentadores (Wilhelm, et al., 2011).

Los autores utilizaron un mapeo cuantitativo para la recolección de los datos durante el sueño nocturno y la siesta, y un espectograma para recolectar los datos de los husos de sueño en el estadio 2 del sueño NREM. En los resultados del experimento 1, los investigadores encontraron una diferencia estadísticamente significativa, al 0.001, entre los grupos que conocían que la información la utilizarían próximamente y los que no lo sabían a favor de los primeros, en situación de sueño nocturno luego del aprendizaje, teniendo un 117,29% y 105,23% de pares asociados recordados (expresado en la sumatoria del porcentaje de pares recordados en el momento de la recuperación más en la fase de aprendizaje de las mismas), respectivamente para cada grupo. Igualmente, se encontró una diferencia significativa al 0.05 respecto al aprendizaje de pares asociados, entre las condiciones de sueño nocturno y vigilia nocturna y, finalmente, una diferencia estadísticamente significativa al 0.001, entre las tres condiciones (sueño nocturno, vigilia nocturna y vigilia diurna), en los sujetos del grupo no avisado que previeron una evaluación posterior de la tarea aprendida, y los cuales tuvieron un rendimiento similar a los sujetos que se encontraban en la situación de avisados. Con esto, los investigadores concluyeron que, los pares asociados son recordados mejor si se duerme inmediatamente después del aprendizaje de los mismos, sólo cuando los sujetos esperan utilizar esta información en las próximas horas (Wilhelm, et al., 2011).

En lo que respecta a la observación neurológica, Wilhelm, et al., (2011) encontraron una diferencia significativa ( $p=0.03$ ), únicamente entre los grupos

avisados y no avisados, sin importar los parámetros del sueño, en tanto que, para el primer caso, se encontró mayor cantidad de bandas de oscilación lenta durante los primeros 120 minutos del sueño NREM, mayor número de husos del sueño durante el sueño de ondas lentas, y mayor tiempo en el estadio 4 del sueño ( $\bar{x}$ =8.2%), en comparación con el segundo grupo ( $\bar{x}$ = 4.07%), encontrando una correlación entre estas ondas lentas y el recuerdo de pares asociados de 0.71, sólo para el grupo que fue avisado (Wilhelm, et al., 2011). Más adelante se especifican los resultados de la memoria procedimental hallada por estos autores.

Siguiendo la línea de memoria declarativa, Lau, Alger y Fishbein (2011) investigaron los efectos de la siesta respecto al aprendizaje de conceptos abstractos, tomando en cuenta, además, la presentación de la siesta, ya sea de forma inmediata o después de un tiempo. Se utilizaron 58 participantes estudiantes de pregrado, los cuales aprendieron el significado en inglés de diferentes letras chinas que les fueron presentadas con componentes semánticos superpuestos. Luego, se les presentaron nuevos estímulos con los mismos componentes semánticos que señalaron los conceptos generales, en conjunto con las letras que ya se le habían presentado previamente.

Los sujetos que tomaron una siesta tuvieron un mejor rendimiento en la discriminación de estímulos nuevos según los componentes semánticos que los que no tomaron una siesta, ( $F=6,69$ ;  $p=0,01$ ,  $\eta^2=0.13$ ), comparando los grupos con un ANCOVA. A raíz de los resultados, Lau et al. (2011), concluyeron que la siesta parece tener un efecto positivo sobre las redes neuronales de la memoria relacional, encargada de asociar estímulos previamente aprendidos con estímulos novedosos que se presentan en el ambiente para poder reaccionar ante ellos. Los investigadores concluyen que el sueño, así sea breve como la siesta, facilita de forma activa la reorganización de la memoria en una red flexible y relacional.

Con los resultados obtenidos respecto a los efectos del sueño sobre el aprendizaje, Stickgold y Walker (2013) indican que gran parte de la información obtenida durante el día se pierde, mientras otra se mantiene, siguiendo rutas de codificación diferentes. Debido a esto, el sueño parece garantizar una codificación

más rápida y eficaz en estas distintas rutas antes de que la información pueda perderse, integrando esta información en los distintos tipos de redes diferenciales de memoria, ya sea siguiendo patrones comunes o simplemente fortaleciendo y estabilizando dichas redes de memoria.

Otros tipos de memoria también han llamado la atención en relación al sueño, tal como la memoria no verbal (Wilhelm, et al., 2011), memoria procedimental (Wilhelm, et al., 2011; Geyer, Mueller, Assumpcao, y Gais, 2013) y memoria espacial (Albouy, et al., 2013). Los autores Landmann et al. (2014) indican que el sueño produce un fortalecimiento de los esquemas conductuales implicados en la realización de la actividad que mejoran el desempeño; sin embargo, la habilidad motora debe ya estar aprendida para que este efecto de mejora ocurra en el desempeño conductual (Landmann et al. 2014), esto es considerado en la presente investigación por lo cual se da en ambos grupos un período de práctica con el programa que se utiliza en las fases pre y post, bien del período de siesta, bien del período de descanso sin la misma.

Con respecto a las memorias no verbal y procedimental, Wilhelm, et al., (2011), en su experimento 2, colocaron a los sujetos a aprender la localización espacial de objetos 2d (memoria no verbal) y una tarea de secuencia de golpeteo con los dedos ("*finger secuencia tapping*"; memoria procedimental), quienes fueron evaluados nueve horas después del aprendizaje y se les reevaluó el mismo contenido 30 minutos después, mientras en ese período jugaban o realizaban actividades con los experimentadores. En dicho estudio, se encontró, en cuanto al recuerdo espacial de objetos 2d: mayor recuerdo por parte del grupo avisado de la evaluación posterior ( $\bar{x}$ = 98.8%), que por el grupo no avisado ( $\bar{x}$ = 73.13%) ( $p=0.019$ ), e igualmente mayor rendimiento de los sujetos no avisados que sospechaban una evaluación ( $\bar{x}$ = 89.67%) sobre los que no sospechaban ( $p=0.17$ ). Por otra parte, en cuanto a la secuencia de golpeteo con los dedos, los grupos no difirieron significativamente con respecto a ninguna condición. Todos estos resultados se mantuvieron de forma similar cuando se les preguntó de nuevo la misma tarea luego de los 30 minutos, aunque al tomar desprevenidos al

grupo que había sido avisado, el rendimiento desmejoró ligeramente para ellos. En cuanto a la medición de las ondas cerebrales para este experimento no se encontró correlaciones significativas con ninguno de los parámetros establecidos (ondas lentas y husos del sueño) (Wilhelm, et al., 2011).

Con todo, los investigadores concluyen que, efectivamente, hay fuertes indicios de que durante el sueño, se consolidan los conocimientos adquiridos, codificados durante la etapa de vigilia, especialmente si el sujeto es consciente de que dicha información puede ser útil para un futuro. Además, es fuerte la evidencia de que durante el sueño NREM, ondas lentas del sueño y husos del sueño, así como mayor duración en la fase 3, tienen incidencia sobre la consolidación de la memoria, específicamente, memoria declarativa y procedimental, esta última probablemente en relación con los circuitos prefrontales-hipocampales (Wilhelm, et al., 2011). Por esta razón, en el presente estudio se espera que la siesta produzca un efecto facilitador para el aprendizaje de la habilidad motora de asociación visual y auditiva en los sujetos, siendo conscientes de que dicha habilidad les será próximamente útil, aunque el lapso de sueño sea de 30 minutos, considerando la disponibilidad de tiempo en cuanto a uso de los laboratorios para la recolección de los datos de la muestra.

Asimismo, Albouy, et al. (2013), indican que el aprendizaje de una habilidad motora se desarrolla con práctica, involucrando una representación bajo coordenadas espaciales alocéntricas y una representación del movimiento mediada por coordenadas motoras egocéntricas, en el que las siestas mejoran la representación espacial, mostrando una correlación con la densidad los husos del sueño en la siesta posterior al entrenamiento, mientras que el aprendizaje de la representación motora no se ve favorecido después de la siesta.

Albouy, et al., (2013) trabajaron con una muestra de 48 jóvenes que no tenían conocimiento musical o entrenamiento en algún instrumento, a los que posteriormente se les pidió aprender una secuencia de golpeteo con los dedos (*finger tapping*) con la mano no dominante y ejecutarla lo más rápido posible y con la menor cantidad de errores. El desempeño se midió en términos de velocidad y

precisión. Luego, se asignaron los sujetos a dos grupos, el allocéntrico, en el que se cambiaba el patrón de movimientos con los dedos, pero se mantenía la representación espacial de la secuencia, y el egocéntrico, en el que se mantenía el patrón de movimientos con los dedos, pero se cambiaba la localización de las respuestas. Luego, cada grupo fue dividido bajo pseudo-aleatorización en grupos de siesta de 90 minutos y descanso sin siesta de 90 minutos.

Como fue mencionado anteriormente, Albouy, et al. (2013), encontraron que la siesta sólo producía una mejora en el rendimiento del grupo allocéntrico, en el que ocurrió una mayor densidad en las ondas lentas NREM, mientras que en el grupo egocéntrico no hubo diferencias entre el grupo de siesta y no siesta. Esto muestra una diferencia en la consolidación entre estos dos tipos de aprendizaje motor, con la que estos autores hipotetizan que la consolidación de estos distintos tipos de aprendizaje motor pueden tener influencia dependiendo de la naturaleza de la tarea, siendo implícita o explícita, manteniendo que el aprendizaje de la secuencia motora implica un conocimiento declarativo, es decir, un dato informativo almacenado a largo plazo y no una habilidad no declarativa.

Albouy et al. (2013) precisan el cálculo de la densidad de los husos del sueño, siendo esta calculada de la siguiente forma: Número total de husos del sueño por porcentaje de tiempo en sueño NREM en relación con el tiempo total ( $N^{\circ}$  de Husos del Sueño/(NREM\*100/Tiempo total), siendo un procedimiento con mayor confiabilidad y validez para un análisis estadístico más robusto en el estudio de esta variable, por lo cual dicha fórmula se utiliza en la presente investigación.

Siguiendo esta línea, en la investigación hecha por los autores Geyer, et al. (2013), se trata este aspecto de memoria implícita y explícita. En esta, utilizaron una tarea de seguimiento visual y una tarea de reconocimiento, en la que usaron señalamiento contextual como conocimiento implícito de la tarea y configuraciones repetidas como conocimiento explícito, independientemente de los estímulos. Los autores encontraron que las siestas mejoran tanto el aprendizaje implícito como el explícito, pero de formas distintas. Así, Geyer, et al. (2013), utilizaron 26 sujetos a

los que les pidieron encontrar un estímulo entre otros distractores tan rápido y preciso como fuera posible. Luego les pidieron indicar si creían haber visto esa presentación en la tarea de búsqueda, para ver si podían discernir explícitamente entre presentaciones repetidas y no repetidas. Con estos dos indicadores, los autores compararon el tiempo de respuesta y el reconocimiento entre la primera y segunda sesión entre el grupo que tomó siesta y el grupo de sólo descanso.

La memoria implícita fue medida con el número de presentaciones repetidas que generó un señalamiento contextual que mejoraba los tiempos de respuesta en comparación con presentaciones no repetidas. La memoria explícita de reconocimiento se midió con aciertos y falsas alarmas respecto al recuerdo de la presentación, si los participantes indicaban que era repetida o no repetida. La memoria procedimental se midió con la mejora en los tiempos de respuesta entre las dos sesiones experimentales. Los resultados fueron analizados con un ANOVA de medidas repetidas.

Geyer, et al., (2013) tuvieron resultados en los que la siesta mejoró el rendimiento en la tarea que involucraba la memoria implícita, en la que el contexto mejoró los tiempos de respuesta en el grupo que tomó una siesta ( $F=7.87$ ;  $p<0.01$ ) y los mantuvo igual en el grupo que sólo tomó un descanso ( $p=0.69$ ). Asimismo, no encontraron diferencias entre el grupo que tomó siesta y el que sólo descansó respecto al rendimiento en la tarea que involucraba memoria explícita ( $p=0.19$ ), mostrando una mejora significativa en la discriminación de las presentaciones con el simple paso del tiempo. En cuanto a la memoria procedimental, hubo una mejora en los tiempos de reacción en los sujetos que tomaron una siesta ( $F=4.96$ ;  $p<0.05$ ), por lo que la misma mejora el rendimiento en este tipo de tareas. Con esto, los autores demuestran que el tipo de tarea, implícita o explícita, es determinante para que la siesta ejerza un efecto positivo en la consolidación de la memoria.

Siguiendo la línea en cuanto a la memoria procedimental, los autores Antony, Gobel, O'Hare, Reber y Paller (2013), realizaron una investigación respecto al aprendizaje musical, indicando que la información adquirida en la

vigilia puede reactivarse mientras los sujetos duermen. Así, los investigadores pidieron a los participantes aprender a producir dos melodías y ejecutarlas con la mano dominante, para posteriormente introducir una de ellas mientras tomaban una siesta, mostrando una mejora posterior en la producción de dicha melodía.

Antony, et al. (2013), entrenaron a los participantes a presionar una tecla cuando vieran un círculo en la pantalla, lo que evocaba un tono que era parte de una melodía. Luego se presentaron dos melodías distintas como condición experimental post-entrenamiento 5 veces cada una. Después de dichas melodías, pidieron a los sujetos tomar una siesta. En uno de los grupos, aproximadamente 9 minutos después de la aparición de ondas lentas, les presentaron una de las melodías a los sujetos en aproximadamente 35 dB. La duración de la siesta fue de alrededor de 90 minutos, esperando a que los sujetos finalizaran el estadio de ondas lentas. El posttest se hizo 10 minutos después de despertar, contrastando ambas mediciones con un *t* de Student, encontrando que, como se esperaba, una mejoría en la reproducción de ambas melodías y, por otra parte, que la melodía presentada durante el sueño, obtenía una ejecución significativamente superior a la segunda melodía ( $p=0.02$ ), tomando en cuenta que los investigadores habían dejado practicar a los sujetos cuanto necesitaran previamente a la siesta, para que todos se desempeñaran igual en ambas melodías. En el presente estudio se incorpora una melodía en el programa de memoria procedimental.

Con esto, Antony, et al. (2013) afirman que la mejoría en la reproducción de las piezas, se correlaciona con el porcentaje de tiempo de duración en el sueño de ondas lentas y la actividad de los husos del sueño, lo que refleja un procesamiento de los recuerdos en la corteza premotora contralateral a la mano dominante. También afirman que las señales auditivas presentadas en este estadio de sueño pueden mejorar de forma selectiva la realización de una habilidad sensoriomotora.

Autores como Walker, Brakefield, Morgan, Hobson, Stickgold (2002) y Gottselig, Hofer-Tinguely, Borbély, Regel, Landolt, Rétey, Achermann (2004) indican que el sueño después de la práctica permite una mayor consolidación de la habilidad aprendida que practicar sin tomar períodos de descanso, tanto para el

aprendizaje de habilidades motoras (Walker et al., 2002) como en habilidades auditivas (Gottselig et al., 2004). Abel et al. (2013), explican que en el sueño REM y NREM ocurre una mejora en los potenciales sinápticos que se formaron durante el aprendizaje, produciendo a su vez la mejora en el desempeño conductual. Durante el sueño NREM, el conjunto de células muestra una repetición de los patrones excitatorios más importantes asociados con la información aprendida (Abel et al., 2013), produciendo a su vez un fortalecimiento en las conexiones sinápticas (Chauvette, Seigneur, y Timofeev, 2012).

Asimismo, Abel et al. (2013) indican que las oscilaciones que ocurren en el sueño NREM producen una activación en el hipocampo, asociado a la consolidación de la memoria, y este proceso puede ser manipulado a través de la introducción de claves o señales externas que produzcan una reactivación del recuerdo mientras la persona duerme.

Todo lo expuesto constituye evidencia empírica para el presente estudio sobre una facilitación del recuerdo relacionado con el sueño y la siesta, que implica una mejora en la ejecución de una actividad que puede relacionarse a la memoria declarativa, así como a la memoria procedimental y que, según el tipo de tarea a ejecutar, se activan regiones cerebrales durante el desempeño de la persona, así como en el momento en el que duerme, siendo observables mediante registros cerebrales como el EEG y los PRE. Es así que el objetivo de esta investigación es observar si la siesta produce un efecto conductual y electrofisiológico en el desempeño de una actividad que requiere memoria procedimental, reflejando la consolidación de redes neuronales vinculadas a este proceso cognitivo, así como aportar un nuevo estudio en un área de la Psicología Cognitiva poco indagado con el apoyo de técnicas correspondientes a la Neurociencia Cognitiva, planteándose encontrar nuevos componentes de los PRE subyacentes al proceso cognitivo en estudio.

# MÉTODO

## 1. Problema de investigación

¿Cuáles son los efectos conductuales y electrofisiológicos que produce la siesta sobre la memoria procedimental en estudiantes universitarios varones entre 20 y 29 años de edad?

## 2. Hipótesis General

Tomar una siesta, medida por la densidad de husos del sueño, producirá una mejora significativa en la memoria procedimental, evaluada a través de cambios conductuales por el número de aciertos y a nivel electrofisiológico con el potencial evocado relacionado a eventos (PRE), diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud en los 1000 ms. en distintas regiones del encéfalo registradas durante el juego antes y después de la siesta (pretest-postest).

## 3. Hipótesis Específicas

- H1: La media de los puntajes obtenidos en el rendimiento con el programa informático en las mediciones pretest y postest, será estadísticamente significativa con un 95% de confianza, a favor de la medición postest, en el grupo que toma la siesta.
- H2: La media de los puntajes obtenidos en el rendimiento con el programa informático en las mediciones pretest y postest, no será estadísticamente significativa con un 95% de confianza, en el grupo que no toma la siesta.
- H3: La media de los puntajes obtenidos en el rendimiento con el programa informático en las mediciones postest entre los grupos serán distintas y estadísticamente significativa con un 95% de confianza para grupo que tomó la siesta.
- H4: No habrá diferencias estadísticamente significativas en las latencias del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud dentro los 1000 ms en distintas regiones del encéfalo registradas, entre los grupos siesta y no siesta ni en el pretest ni en el postest.

- H5: El grupo que tome siesta presentará diferencias en la amplitud del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor voltaje dentro los 1000 ms. en distintas regiones del encéfalo registradas durante el juego después de la siesta (pretest-postest).
- H6: El grupo que tome siesta presentará diferencias en el área bajo la curva del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud dentro los 1000 ms en distintas regiones del encéfalo registradas durante el juego antes y después de la siesta (pretest-postest).
- H7: El grupo que no tome siesta no presentará diferencias en la amplitud del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor voltaje dentro los 1000 ms en distintas regiones del encéfalo registradas durante el juego antes y después de la siesta (pretest-postest).
- H8: El grupo que no tome siesta no presentará diferencias en el área bajo la curva del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud dentro los 1000 ms en distintas regiones del encéfalo registradas durante el juego antes y después de la siesta (pretest-postest).
- H9: El grupo que tome siesta presentará diferencias en la amplitud del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor voltaje dentro los 1000 ms, en comparación con el grupo que no toma la siesta en la medición postest.
- H10: El grupo que tome siesta presentará diferencias en el área bajo la curva del PRE, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud dentro los 1000 ms en comparación con el grupo que no toma la siesta en la medición postest.
- H11: Existirá una correlación estadísticamente significativa y positiva entre la densidad de los husos del sueño y el puntaje obtenido a partir de las diferencias entre la medición del rendimiento en el pretest y postest (postest-pretest) en el programa informático.

#### **4. Definición de Variables**

##### 4.1. Variables dependientes:

#### 4.1.1. Memoria procedimental:

4.1.1.1. Definición constitutiva: Proceso de almacenamiento o aprendizaje relativamente inflexible de hábitos y conductas procedimentales, no accesible mediante facultades conscientes sino expresada a través del desempeño en determinadas actividades (Krupa, 2009).

#### 4.1.1.2. Definición operacional:

4.1.1.2.1. Conductual: Número de aciertos en el programa informático.

#### 4.1.1.2.2. Electrofisiológicas:

a) Latencia en milisegundos (ms), amplitud en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ) y área bajo la curva en  $(\mu\text{V}/\text{ms})^2$  del componente de potenciales relacionados a eventos, diferente a P200 y P300, que aparezca con mayor amplitud dentro de los 1000 ms en distintas regiones del encéfalo registradas mediante el Software Neuron-Spectrum 5.

b) Densidad de husos del sueño: Número total de husos del sueño por porcentaje de tiempo en sueño NREM en relación con el tiempo total ( $N^\circ$  de Husos del Sueño/(NREM\*100/Tiempo total) (Albouy, 2013).

#### 4.2. Variables Independientes:

##### 4.2.1. Sueño/Siestas:

4.2.1.1. Definición constitutiva: estado biológico activo de pérdida de consciencia, periódico y reversible, que provoca cambios electrofisiológicos, musculares, en el flujo sanguíneo y consumo de glucosa, actividad del sistema neurovegetativo y umbrales de reacción (Pinel, 2007; Purves, 2007; Velayos, 2009).

#### 4.2.1.2. Definición operacional:

a) Ausencia y presencia en los grupos entre las mediciones.

b) Cambios electroencefalográficos durante el sueño de ondas lentas (fases 1, 2 y 3 de NREM) registrados a través del software Neuron Spectrum 5 caracterizados por:

- Cambios en los ritmos basales, específicamente, el alfa que se desorganice y/o desincronice y/o se vuelva más lento y/o desaparezca durante la fase 1.

- Aparición de ondas de vértex en regiones centroparietales durante la fase 1.

- Aparición de los husos del sueño en regiones centro-parietales y en regiones frontales durante las fases 2 y 3..

- Duración del sueño de ondas lentas (fase 3 de NREM), que consiste en la disminución del ritmo eléctrico cerebral.

#### 4.3. Variables a controlar:

4.3.1. Sexo: controlada con homogeneización, por lo que la muestra está compuesta únicamente por hombres, ya que mantienen mayor estabilidad hormonal con menos variaciones en sus funciones cognitivas, incluyendo la memoria, que las mujeres.

4.3.2. Edad: controlada con homogeneización, utiliza sujetos con edades comprendidas entre los 20 y 29 años de edad porque es la edad donde se espera un equilibrio entre las horas de sueño nocturno y diurno, además de que existe mayor cantidad de husos del sueño en comparación con edades más jóvenes y más maduras y, finalmente, los procesos cognitivos alcanzan la cúspide en esta etapa.

4.3.3. Nivel educativo: controlada con homogeneización, es decir, se utiliza sujetos que se encuentren en formación o graduados de pregrado para equilibrar las diferencias en el rendimiento en la memoria, como función cognitiva, que se pueden dar por una mayor o menor estimulación ambiental durante el desarrollo de la persona.

4.3.4. Nivel socioeconómico: se utilizará la homogeneización, obteniendo solo sujetos con un nivel socioeconómico medio, debido a las diferencias que puede acarrear esto en relación a la estimulación ambiental. Esto será medido a través de la escala Graffar.

4.3.5. Variables ambientales: tales como la hora (2:00 y 4:00pm), laboratorios con condiciones similares (laboratorio de Neurociencias de la UCAB y de la UNIMET) en iluminación, pantalla donde se reproduce el juego, cornetas, cama, almohada. Así se mantienen condiciones constantes y todos los participantes se ven afectados por las mismas variables.

4.3.6. Alteraciones del sueño: con homogeneización, sujetos que no tengan ningún trastorno neurológico o psiquiátrico que pueda alterar su ciclo regular de sueño diurno o nocturno y que puede, asimismo, afectar los procesos cognitivos. Será comprobado mediante una entrevista no estructurada, el cuestionario St. Mary Hospital y el cuestionario de Munich para comprobar que no existan cronotipos extremo. Se le indicará, además, a los sujetos que conformen la muestra, mantener un sueño regular durante el período experimental.

4.3.7. Estado de conciencia no alterado: mediante la homogeneización, sujetos que no consuman algún tipo de droga o medicación que pueda alterar sus capacidades cognitivas, así como el sueño regular. Será comprobado mediante una entrevista no estructurada y se le indicará a los sujetos no consumir sustancias que puedan alterar el estado de conciencia, tales como café, alcohol y otras drogas.

## **5. Tipo de Investigación**

La investigación que se realiza, según el grado de control de las variables, es experimental, pues se manipula una variable independiente (sueño), cumple con dos de los requisitos de la triple aleatorización (asignación de los sujetos a los dos grupos y asignación de la condición experimental a los grupos), se controla la mayor cantidad de variables extrañas posibles con homogeneización (sexo, edad, nivel socioeconómico y educativo, variables ambientales, estados de conciencia no alterados y alteraciones del sueño) y se observa, luego, el cambio que ocurre en la variable dependiente (memoria) (Kerlinger y Lee, 2002).

En tanto al objetivo y grado de conocimiento, se trata de una investigación de tipo explicativa, debido a que, partiendo de un conocimiento previo de que el sueño mejora el aprendizaje, se busca el efecto de este aprendizaje en los

componentes conductuales y electrofisiológicos observados, que ocurren durante el período de descanso diurno, dando respuesta al porqué de dicha relación (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio 2002).

Finalmente, según el número de mediciones, es una investigación de tipo transversal, ya que las medidas son realizadas a los sujetos durante un único momento, el período académico 2014 – 2015, y son comparados grupos de sujetos diferentes.

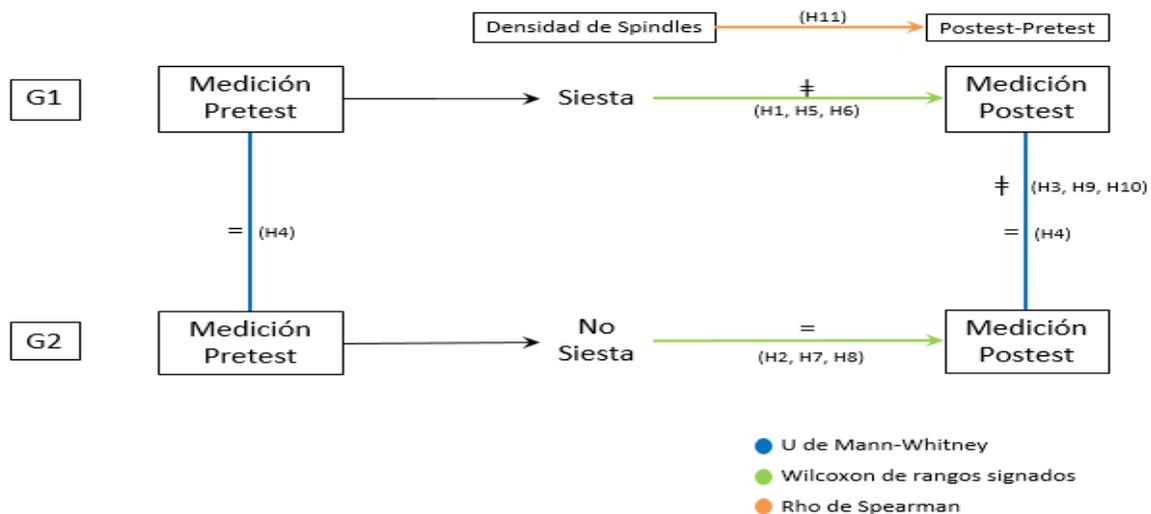
## **6. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación propuesto fue de tipo experimental, univariante bicondicional con grupos independientes (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio 2002). En este sentido, fue manipulada una variable independiente, sueño diurno (presencia-ausencia de siesta), considerado a través de las fases 1, 2 y 3 de sueño NREM y evaluado a través de la densidad de los husos del sueño, y una variable dependiente, memoria, con su correspondiente evaluación conductual (rendimiento en el programa informático medido a través del número de aciertos) y correlato electrofisiológico, en donde se observó la relación entre éstas mediante cuatro indicadores importantes: rendimiento en el programa informático (medición conductual), amplitud y área bajo la curva de las ondas electroencefalográficas y densidad de los husos del sueño. Finalmente, fueron controladas siete variables muestrales, siendo el sexo, la edad, el nivel socioeconómico y educativo, estado de consciencia no alterado y alteraciones del sueño.

El experimento tuvo un total de dos grupos donde los sujetos fueron asignados a estos aleatoriamente. Cada sujeto pasó por una fase de entrenamiento con la finalidad de asegurar que cada uno de los sujetos comprendiera la tarea a realizar y, asimismo, eliminar diferencias en la ejecución inicial de todos los sujetos, esperando a que sean homogéneos en la puntuación de práctica que obtengan. De este modo, la fase de entrenamiento funcionó como un modo de control para aseverar que los sujetos hayan aprendido el manejo del programa de la misma forma. En este entrenamiento, los sujetos jugaron con una

melodía diferente a la empleada durante las mediciones pretest y postest, de forma de eliminar un efecto reactivo por la mejora en la ejecución que resulta de la experiencia previa, es decir, del entrenamiento.

Posterior al entrenamiento, los sujetos prosiguieron a jugar el juego informático y fueron obtenidas dos puntuaciones para cada sujeto, una antes y otra después de la variable independiente o toma de siesta, donde simultáneamente fue tomado su registro eléctrico cerebral durante su ejecución. Al momento de la siesta, igualmente, fueron tomados los registros eléctricos cerebrales de cada sujeto perteneciente al grupo de siesta, para conocer cuándo habían dormido y en qué fase del sueño se encontraban, siguiendo indicadores como la desincronización, desorganización y/o desaparición de ondas alfa, enlentecimiento de gradual de las ondas eléctricas con aparición de ondas theta, ondas de vértex y husos del sueño, que fueron evaluados en densidad y localización.



**Figura 1. Diseño Experimental**

## 7. Muestra

El procedimiento de muestreo utilizado fue no probabilístico intencional, debido a que hubo una finalidad deliberada de elegir ciertos rasgos presentes en la población que conformó la muestra (Kerlinger et al., 2002). Los sujetos fueron

escogidos por conveniencia según el alcance de las investigadoras, procediendo a evaluar con una entrevista semi-estructurada y dos cuestionarios a los sujetos que aceptaron colaborar en el experimento voluntariamente y, a raíz de dicha entrevista y cuestionarios, los requerimientos de participación fueron comprobados.

La muestra estuvo conformada por 18 sujetos hombres, con edades comprendidas entre 20 y 29 años, en formación o egresados de pregrado y un nivel socioeconómico medio, sustentado en la evitación de la posible influencia de los cambios metabólicos que presenta la población femenina según su ciclo menstrual que afecta la adquisición y ejecución de una habilidad (Solís-Ortiz et al., 2008) y, por otra parte, se utilizó este rango de edad evitando la pérdida en la adquisición de habilidades que ocurre en el deterioro cognitivo en el avance de la edad (Román y Sánchez., 1998) mientras que las variables socioeconómicas y educativas fueron controladas de forma que no interfieran en el aprendizaje, al tener una muestra lo más homogénea posible. El tamaño muestral fue escogido en función del diseño de investigación a emplear, garantizando la reducción de la varianza de error y minimizando la varianza sistemática secundaria (Balluerka y Vergara, 2002).

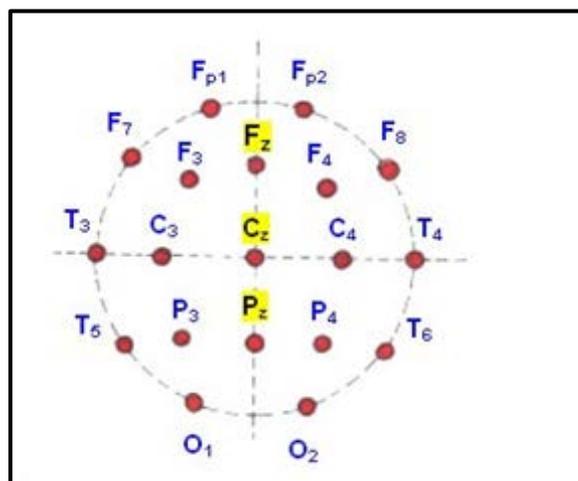
Asimismo, a todos los sujetos se les realizó una entrevista no estructurada con el fin de asegurar que ninguno presenta trastornos neurológicos o psiquiátricos, además de ciclos irregulares de sueño (detectados con el cuestionario St. Mary Hospital) ni cronotipos extremos (detectados con cuestionario de Munich). Se pidió a los sujetos abstenerse del consumo de sustancias como cafeína o alcohol, así como del consumo de medicamentos 24 horas antes del experimento, al igual que mantener un ciclo de sueño regular durante una semana (entre 7 y 9 horas de sueño, levantándose entre las 6:30 y 8:30 a.m.).

Fue realizado, asimismo, un experimento piloto intrasujeto, conformado por 1 sujeto con las mismas características de muestreo y control antes mencionadas. El piloto se llevó a cabo para comprobar el adecuado funcionamiento del software

de registro electrofisiológico, posible detección de variables relevantes a controlar en el estudio y comprobar la validez del programa informático. En este sentido, durante el piloto no se hallaron variables extrañas no consideradas anteriormente, el programa o software de registro electrofisiológico funcionó adecuadamente y el juego informático activó en el sujeto las áreas cerebrales posteriores esperadas según el tipo de tarea que se postuló.

## 8. Equipos, Instrumentos y materiales

- Laptop con Programa NeuroSpectrum 5 de Electroencefalografía (Neurosoft) del Laboratorio de Neurociencias II de la UCAB o bien de la UNIMET, el cual es un sistema multifuncional para la toma de los registros electroencefalográficos y PRE. Se utilizó el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos desarrollado por Jasper (1958), el cual se observa en la Figura 2, con electrodos de contacto de oro que se adhirieron con la pasta conductora Ten20, así mismo una silla y una camilla del Laboratorio de Neurociencias II de la UCAB y de la UNIMET, respectivamente, pequeños cuadritos de toallines para ayudar a adherir los electrodos, algodón para ser mojado en alcohol para ayudar a bajar la resistencia de los electrodos y disminuir la relación señal/ruido, mejorando la calidad de los registros electrofisiológicos obtenidos. En la Figura 3 se puede observar el proceso de colocación por parte de las investigadoras.



**Figura 2. Sistema Internacional 10-20 (Modificado de Jasper, 1958)**

- Programa informático: Proporcionó una estimación de la memoria, resultado de la diferencia en el puntaje obtenido entre dos ejecuciones realizadas en diferentes tiempos. El programa consta de 8 círculos blancos a lo largo de la pantalla de la computadora y un círculo rojo relleno que se desplazará hasta alguno de los 8 círculos blancos, con lo que el sujeto debía presionar las teclas que correspondan en un intervalo de 200 milisegundos antes y 150 milisegundos después de que el círculo rojo pasa por el círculo blanco para que sea evocado un tono musical y que, en su totalidad, forma una melodía. Cada uno de los círculos consta de 40 píxeles de diámetro y cada nota musical mantiene un espacio de 650 milisegundos entre ellas. En total, el programa contiene 2 melodías, una para el entrenamiento y una para la medición experimental. Según la ubicación espacial del círculo objetivo, el sujeto debe presionar la tecla correspondiente en el teclado, que reproducirá una nota musical distinta de la siguiente forma:

- “7” si el círculo rojo se dirige hacia el círculo blanco de la esquina superior izquierda, evocando la nota “Do central”,
- “8” si se dirige al círculo blanco del centro superior, evocando la nota “Re”,
- “9” si se dirige al círculo blanco superior derecho, evocando la nota “Mi”,
- “6” si se dirige hacia el círculo blanco del centro de la derecha, evocando la nota “Fa”,
- “3” si se dirige al círculo blanco inferior derecho, evocando la nota “Sol”,
- “2” si se dirige al círculo blanco del centro inferior, evocando la nota “La”,
- “1” si se dirige al círculo blanco inferior izquierdo, evocando la nota “Si”,
- “4” si se dirige al círculo blanco del centro izquierdo, evocando la nota “Do agudo”.

Luego de cada juego, el programa arroja tres puntuaciones basadas en: a) las teclas que el sujeto presionara en la ausencia del estímulo correcto, serán fallos; b) si no hay respuesta en el tiempo estimado por estímulo, es una omisión y c) cuando presionara la tecla dentro de rango de tiempo del estímulo, sonará el tono asignado y se cuenta como un acierto. Para fines de la presente investigación, solo se utilizaron los aciertos como medida del rendimiento de los sujetos en el juego en función de los artículos referenciados anteriormente (Wilhelm et al., 2011; Geyer et al., 2013; Antony et al., 2013). Asimismo, el programa se mostró sensible a la consolidación de la memoria, ya que su desarrollo está basado en programas similares utilizados para los mismos propósitos de la presente investigación (Wilhelm et al., 2011; Geyer et al., 2013; Antony et al., 2013).

- Escala Graffar: El método Graffar de la Fundación Centros de Estudios Biológicos sobre Crecimiento y Desarrollo de la Población Venezolana (FUNDACREDESA) es una escala tipo likert, conformada por cuatro ítems, en donde una mayor puntuación refiere a un nivel socioeconómico menor y una menor puntuación a un nivel socioeconómico mayor. La confiabilidad de este test fue estimada por Laxage, Noguera y Méndez (citado en Millán, D'Aubeterre y Calvanese, 2012) en una muestra de 3850 personas, utilizando el método de consistencia interna por correlación inter-ítems, obteniendo una correlación entre 0.62 y 0.75. Asimismo, la validez de la prueba se estimó a partir de una estructura unifactorial, por medio del análisis de componentes principales, lo que permitió obtener la división de las 5 clases sociales, siendo estas Alta (nivel I), media (nivel II), media baja (nivel III), obrera (nivel IV) y marginal (nivel V) (anexo A).

- Cuestionario St. Mary Hospital: consta de diversas preguntas que evalúan la facilidad para dormir, la duración del sueño y la calidad subjetiva del sueño de los sujetos. Para estimar su confiabilidad se utilizó una muestra de 93 sujetos en 4 grupos diferentes: 16 pacientes de cirugía, 21 pacientes médicos, 32 pacientes psiquiátricos y 24 voluntarios normales, resultando un coeficiente de correlación Kau de Kendall con valores entre 0.70 y 0.96 (Ellis, Johns, Lancaster, Raptopoulos, Angelopoulos y Robert G. Priest, 1980) (anexo B).

- Cuestionario de Munich: para comprobar que no existan cronotipos extremos. Consta de preguntas acerca de los horarios para dormir, tanto de día como de noche, así como los horarios para despertar y la latencia para conciliar el sueño. También obtiene información del trabajo y el estilo de vida que lleve el sujeto. Al final se categoriza al sujeto en función de 7 grupos de cronotipo, con base en sus respuestas a las preguntas, que van desde el extremo diurno hasta el extremo nocturno. La confiabilidad del test, en una muestra de 952 residentes de Polonia, con edades comprendidas entre 13 y 46 años (62,6% mujeres y 33 eran estudiantes universitarios), utilizando el coeficiente Alpha de Cronbach, es de 0.84 y su validez fue estimada a partir de registros de sueño, actimetría y parámetros fisiológicos (Roenneberg, Wirz-Justice y Mellow, 2005; Jankowski, 2014) (anexo C).

## **9. Procedimiento**

Fase 1: Para la selección de la muestra, a los hombres, cursantes o egresados de pregrado, conocidos por las investigadoras o su grupo de referencia y que aceptaron ser voluntarios, se les realizó una entrevista semi estructurada para descartar el consumo de drogas y antecedentes de enfermedades neurológicas o psiquiátricas. Luego de descartar la presencia de las variables anteriores, se pidió a los sujetos llenar dos cuestionarios, el primero de calidad de sueño, un cuestionario para determinar el tipo de cronotipo que presenta y el segundo, un cuestionario para determinar su nivel socioeconómico. A los sujetos seleccionados (18 hombres, cursantes o egresados de pregrado, con edad entre los 20 y 29 años, sin alteraciones en el sueño, sin consumo de medicación y sin enfermedades psiquiátricas o neurológicas), les fue indicado que no podían consumir cafeína, alcohol o medicamentos 24 horas antes de cada experimento, además de que debían mantener un ciclo de sueño regular por un período de una semana. Luego, estos sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de los 2 grupos experimentales (asignando un número a cada sujeto y haciendo un sorteo por medio de un bombo).

Fase 2: Antes de comenzar las mediciones correspondientes (pretest y postest), se colocó al sujeto a utilizar el programa informático descrito (o juego), con el fin de obtener un desempeño inicial homogéneo intra y entre grupos (fase de entrenamiento), garantizando la comprensión del programa. Para este entrenamiento, la melodía formada fue distinta a la que se presentó posteriormente para las mediciones pre y postest, que se llamará Melodía Experimental. En este programa, si el sujeto presiona la tecla correcta en un intervalo de 200 milisegundos antes y 150 milisegundos después de que el círculo rojo pasa por el círculo blanco, es evocado un tono musical y, con este margen, es asignado un punto por cada acierto, lo que finalmente arrojará una puntuación bruta (en aciertos) del desempeño del sujeto cada vez que se ejecute el programa. Las teclas que el sujeto presione en la ausencia del estímulo correcto, serán contadas como fallos, mientras que, si dentro del tiempo estimado por cada estímulo, no da una respuesta, será contado como una omisión. De esta forma, después de cada juego, el programa da el puntaje bruto de aciertos, fallos y omisiones, sin embargo, para fines de la investigación, solo se utilizarán los aciertos como medida del rendimiento de los sujetos en el juego.

Fase 3: Posterior al entrenamiento, fueron conectados los electrodos en el cráneo de los sujetos para obtener el registro eléctrico cerebral. Los electrodos fueron colocados en las siguientes zonas de actividad cerebral: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, T3, T4, C3, C4, T5, T6, P3, P4, O1 y O2, con un electrodo de referencia en CZ, uno de tierra en Fpz y dos inactivos en ambos pabellones auriculares (A1 y A2) para realizar un montaje monopolar (un electrodo colocado en una zona de actividad cerebral y otro en una zona teóricamente inactiva), recomendado para estudio de sueño a fin de observar mejor los grafoelementos como los husos del sueño (Jasper, 1958). Se comenzó con la obtención de una línea de base electroencefalográfica, colocando al sujeto en una silla en posición relajada y con los ojos cerrados y luego con ojos abiertos (Navarro, 2006), y se continuó el EEG durante el juego, en donde se empezó a realizar la medida de ejecución en el programa para obtener la puntuación de desempeño (tomada para los análisis

posteriores) y se obtuvo el registro cerebral de cada sujeto durante la ejecución de la tarea (medición pretest).

Fase 4: Seguidamente, el sujeto perteneciente al grupo de siesta, tomó una siesta con una duración aproximada de 30 minutos, despertándolo al concluir el sueño de ondas lentas del sujeto particular. Luego, se le pidió al sujeto volver a jugar con el programa informático de la misma forma anterior, obteniendo unos segundos datos de su ejecución y de su actividad cerebral (medición postest). Para el sujeto que pertenecía al grupo de no siesta, el procedimiento seguido es igual, salvo que en el período en donde el sujeto anterior toma siesta, este se mantuvo despierto, en una conversación con las investigadoras.

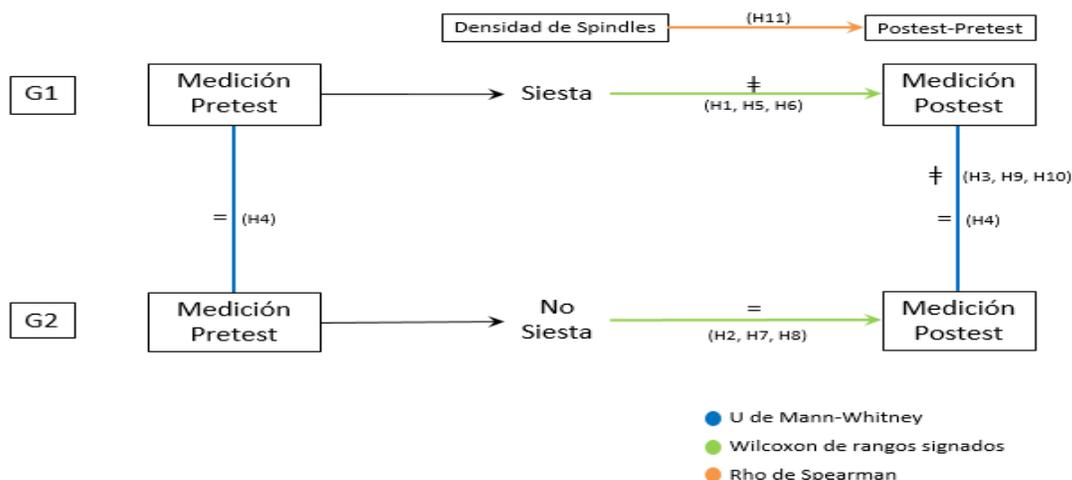
Fase 5: Luego, se procedió a la tabulación de los datos conductuales, limpieza de los EEG de artefactos lo cual se realizó por medio de un análisis visual y el análisis automático, a través del componente independiente, algoritmo del NeuroSpectrum 5 que detecta la actividad no vinculada con la actividad cerebral y permite eliminarla de los registros.

Fase 6: Posteriormente, se ajustaron visualmente los marcadores de los componentes del PRE, que aparecieron en la ventana temporal de 1000 ms en cada región cerebral considerada. Se obtuvo la base de datos en Excel de latencia y amplitud de la salida del NeuroSpectrum 5. Se construyeron las bases de datos cualitativas y cuantitativas con las cuales se tomó la decisión de cuál componente de los PRE estaba más vinculado funcionalmente con la tarea de memoria procedimental, y se procedió al análisis de los resultados el cual se describe a continuación.

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

En primer lugar, se realizó una revisión de las variables controladas para la selección de la muestra: todos los sujetos fueron hombres sin alteraciones del sueño, sin consumo de sustancias, ni enfermedades físicas ni psicológicas conocidas, de nivel socio-económico medio y edades comprendidas entre los 20 y 29 años de edad (media = 22 años), resultando un total de 18 sujetos donde 11 eran estudiantes universitarios y 7 eran egresados de pregrado sin estudios de postgrado.

A continuación, se llevó a cabo la revisión de los resultados obtenidos en la investigación. En primer lugar, se definieron los resultados conductuales, que correspondían a la ejecución de los sujetos en el programa informático que evalúa memoria procedimental y luego, se analizaron los resultados electrofisiológicos, que implicaron un análisis de la latencia, amplitud, y área bajo la curva de los componentes de los PRE, así como una revisión de los husos del sueño producidos por los sujetos del grupo de siesta con el cálculo de la densidad de los mismos a fin de establecer una correlación con los aciertos en la ejecución post-siesta del grupo correspondiente. Con la finalidad de facilitar la lectura y seguimiento del análisis realizado, descrito en el método, se retoma la Figura 1 incorporado en el mismo.



**Figura 1. Diseño Experimental**

En relación al programa de juego se igualó en la práctica a los sujetos de ambos grupos haciendo que todos lo comprendieran, para lo cual cada sujeto debió jugar dos veces con el programa informático que contenía una melodía de práctica, obteniendo todos más del 95% de aciertos. Luego, para el contraste con la melodía experimental (utilizada en la medición pre y postest), se utilizó para el análisis estadístico el número de aciertos obtenidos en el programa informático. El número de aciertos por sujeto en ambas mediciones se puede ver en la Tabla 1

**Tabla 1. Puntuaciones brutas en aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta en ambas mediciones pretest y postest**

<b>Ss</b>	<b>Siesta</b>		<b>No siesta</b>	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
<b>S1</b>	35	47	25	41
<b>S2</b>	16	37	49	50
<b>S3</b>	42	50	58	68
<b>S4</b>	54	69	34	50
<b>S5</b>	51	49	27	47
<b>S6</b>	56	55	48	58
<b>S7</b>	50	44	42	47
<b>S8</b>	32	38	22	44
<b>S9</b>	30	40	24	14

Considerando la muestra en estudio pequeña (N=18), donde no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó un contraste con el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney para grupos independientes al comparar siesta y no siesta y Wilcoxon de rangos signados para los grupos correlacionados (Pre-Post). En la Tabla 2, se resumen los estadísticos pertinentes al análisis de los grupos correlacionados, siendo éstos siesta pretest-postest y no siesta pretest-postest, así como las significancias obtenidas en cuanto a la medición de los aciertos. En función de estos resultados, se rechazó la hipótesis nula con un 95% de confianza para el grupo de no siesta ( $p= 0,028$ ), mientras que se aceptó para el grupo de siesta ( $p= 0,058$ ), existiendo una mayor cantidad de aciertos en el postest para el grupo que tomó un descanso sin siesta, mientras que el grupo que tomó una siesta mantuvo igual cantidad de aciertos, con lo cual se rechazaron las dos primeras hipótesis experimentales planteadas en el presente estudio.

**Tabla 2. Descriptivos de los aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta con la significancia de los contrastes conductuales correlacionados**

Condición	Medida	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo-Máximo	Significancia
<b>Siesta</b>	Pretest	9	40,667	42,00	13,40709	16 - 56	0,058
	Postest	9	47,667	47,00	9,97497	37 - 69	
<b>No siesta</b>	Pretest	9	36,556	34,00	13,11594	22 - 58	0,028*
	Postest	9	46,556	47,00	14,62969	14 - 68	

\* $p < 0,05$

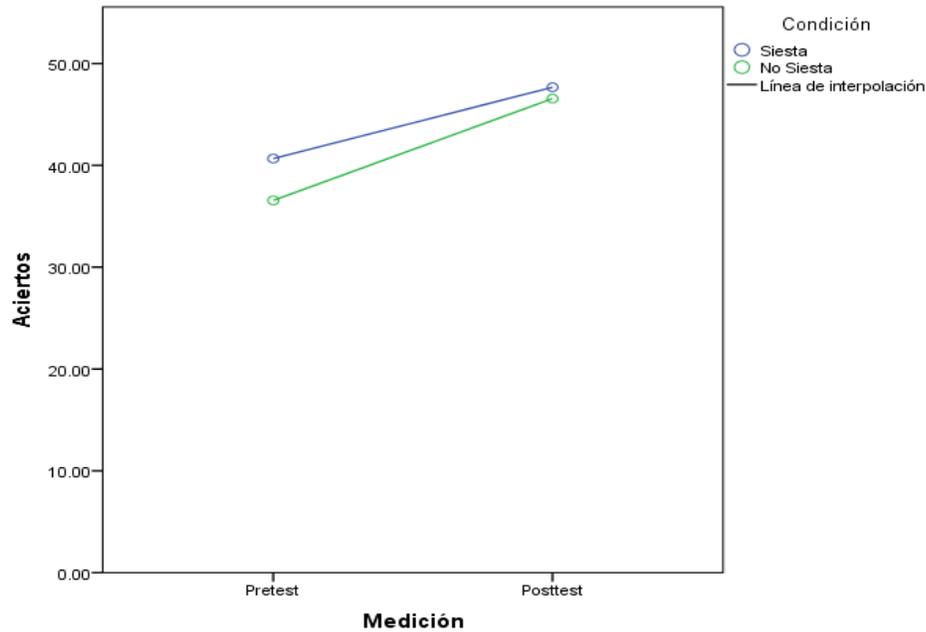
En la Tabla 3, se resumen los estadísticos pertinentes al análisis de los grupos independientes (siesta y no siesta), así como las significancias obtenidas en cuanto a la medición de los aciertos. En función de estos resultados, se aceptó la hipótesis nula con un 95% de confianza, indicando que no existen diferencias significativas en la cantidad de aciertos que tuvieron los sujetos de los grupos de siesta y no siesta tanto en el pretest ( $p = 0,387$ ) como en el postest ( $p = 0,730$ ), con lo cual se rechazó la hipótesis 3.

**Tabla 3. Descriptivos de los aciertos de ambos grupos Siesta y No siesta con la significancia de los contrastes conductuales independientes**

Medida	Condición	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo-Máximo	Significancia
<b>Pretest</b>	Siesta	9	40,667	42,00	13,40709	16 - 56	0,387
	No siesta	9	36,556	34,00	13,11594	22 - 58	
<b>Postest</b>	Siesta	9	47,667	47,00	9,97497	37 - 69	0,730
	No siesta	9	46,556	47,00	14,62969	14 - 68	

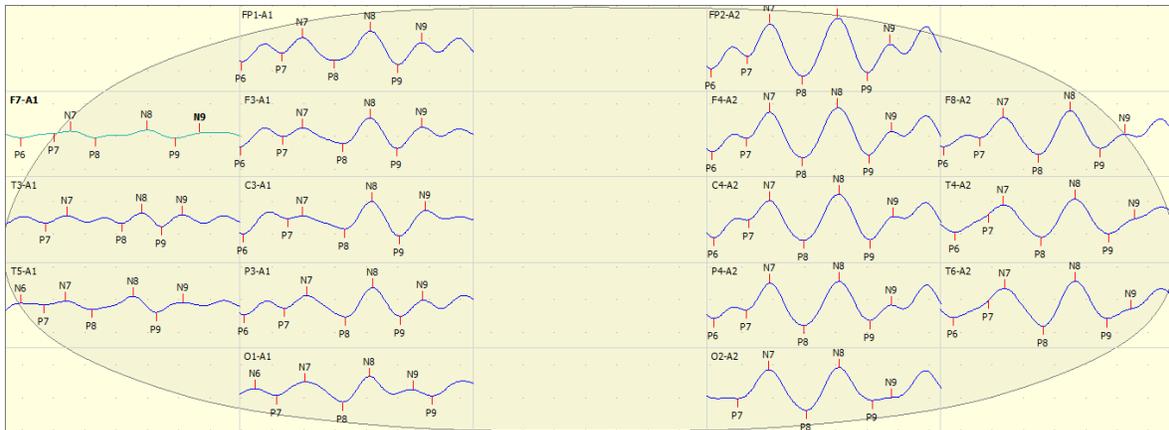
$p < 0,05$

En el Figura 4 se representaron las medias pretest y postest de los aciertos para ambos grupos. Se puede evidenciar que, a pesar que entre los grupos siesta y no siesta no hubo diferencias significativas en sus puntajes, ambos grupos mejoraron, su ejecución.

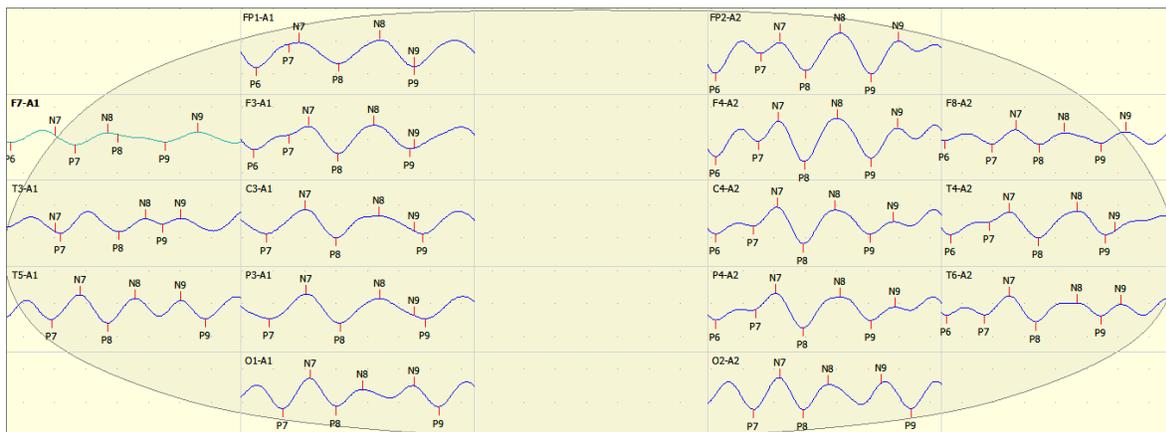


**Figura 3. Medias de ambos grupos Siesta y No siesta en ambas mediciones. Ambos grupos aumentan el número de aciertos**

En relación a los indicadores electrofisiológicos de los sujetos durante la ejecución del juego, se procedió con un análisis cualitativo y cuantitativo con el fin de escoger el PRE, diferente a P200 y P300, a estudiar en el lapso de tiempo establecido hasta 1000 ms. Para esto, se realizó, en primer lugar, un análisis visual de los componentes de los potenciales evocados arrojados por el NeuroSpectrum 5 para cada sujeto y las diferentes regiones cerebrales, ajustando los marcadores en el punto de mayor amplitud dentro de la latencia establecida para cada PRE, correspondientes a los primeros 1000 ms., con el fin de identificar la presencia o ausencia de estos en cada sujeto mientras jugaba. A continuación, se construyó una tabla cualitativa (Anexo D), donde por sujeto, se colocó si hubo o no presencia de los PRE y cuántos había por región cerebral, de forma de obtener los totales de los PRE y facilitar la toma de decisión sobre cuál se vinculaba más con la tarea ejecutada. Con esta tabla se encontró que los PRE que constantemente se activaron en los sujetos mientras jugaban, son todos los que están sobre una latencia de 600 ms., siendo estos N600, N700, N800 y N900, teniendo una mayor frecuencia entre estos, N700 y N800. Los componentes N700 y N800 pueden ser observados en la Figura 5 y la Figura 6.



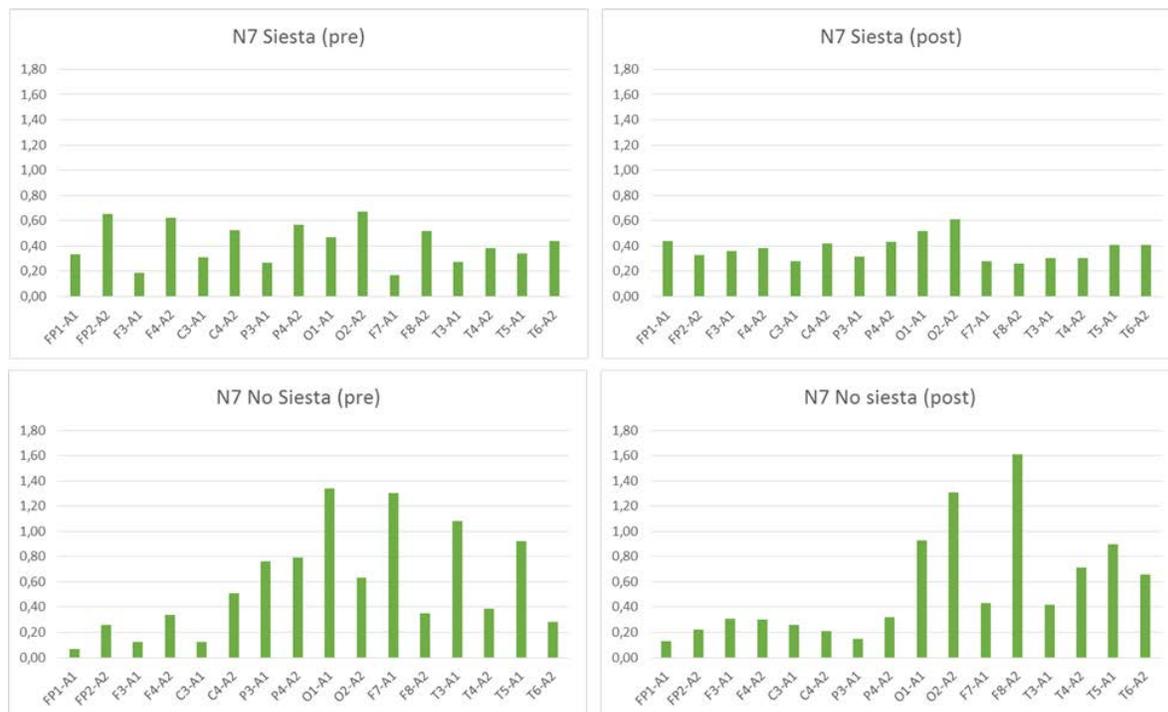
**Figura 5. Potenciales evocados observados en el programa NeuroSpectrum en un sujeto antes de tomar una siesta. Las curvas N700 y N800 muestran mayor amplitud.**



**Figura 4. Potenciales evocados observados en el programa NeuroSpectrum en un sujeto posterior a tomar una siesta. Las curvas N800 muestran una disminución en su amplitud.**

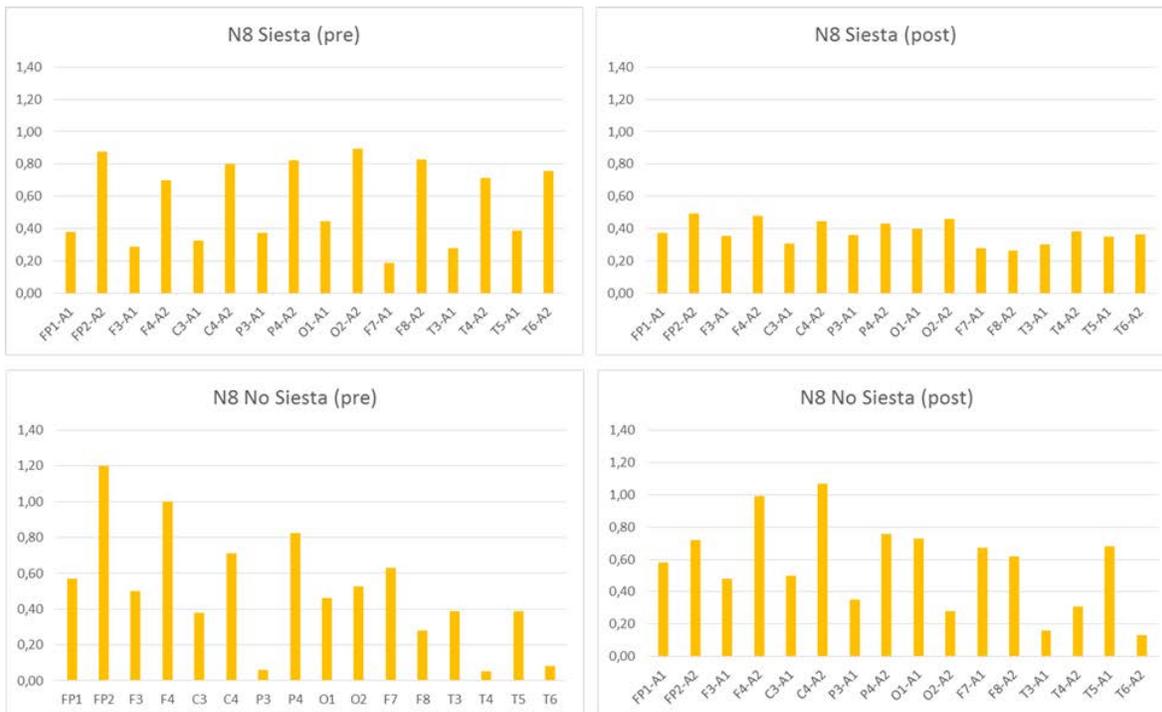
Ahora bien, escogidos N700 y N800 se realizó el análisis cuantitativo, tomando en cuenta la latencia, amplitud y área bajo la curva por cada región cerebral de cada sujeto, colocados en una tabla para facilitar la decisión (Anexo F). Estos dos primeros indicadores (latencia y amplitud), son arrojados directamente por el NeuroSpectrum, mientras que el tercer indicador (área bajo la curva) es calculado mediante la multiplicación de los dos primeros indicadores y su elevación al cuadrado.

El PRE N700 presentó amplitudes altas, como se puede observar en la Figura 7, con una activación en localización esperada para una tarea como la propuesta y, asimismo, es importante notar que para el grupo que tomó la siesta, la frecuencia de este PRE disminuyó, mientras que para el grupo que no tomó siesta se mantuvo exactamente igual. Por otro lado, como se puede observar en la Figura 8, N800 en el primer grupo, disminuyó considerablemente su frecuencia de aparición y amplitud, mientras que en el segundo grupo aumentó considerablemente y mantuvo su amplitud. Asimismo, se observó que los sujetos en el pretest eran más similares en activación cerebral en la onda N800, componente que además tuvo una mayor amplitud y área bajo la curva, por lo que fue el PRE escogido como el más vinculado funcionalmente con la actividad que llevada a cabo los sujetos y, por tanto, el componente que fue analizado. Este resultado no ha sido descrito en la literatura por lo cual se consideró a la onda N800 como un nuevo componente de los PRE, vinculado a la tarea de memoria



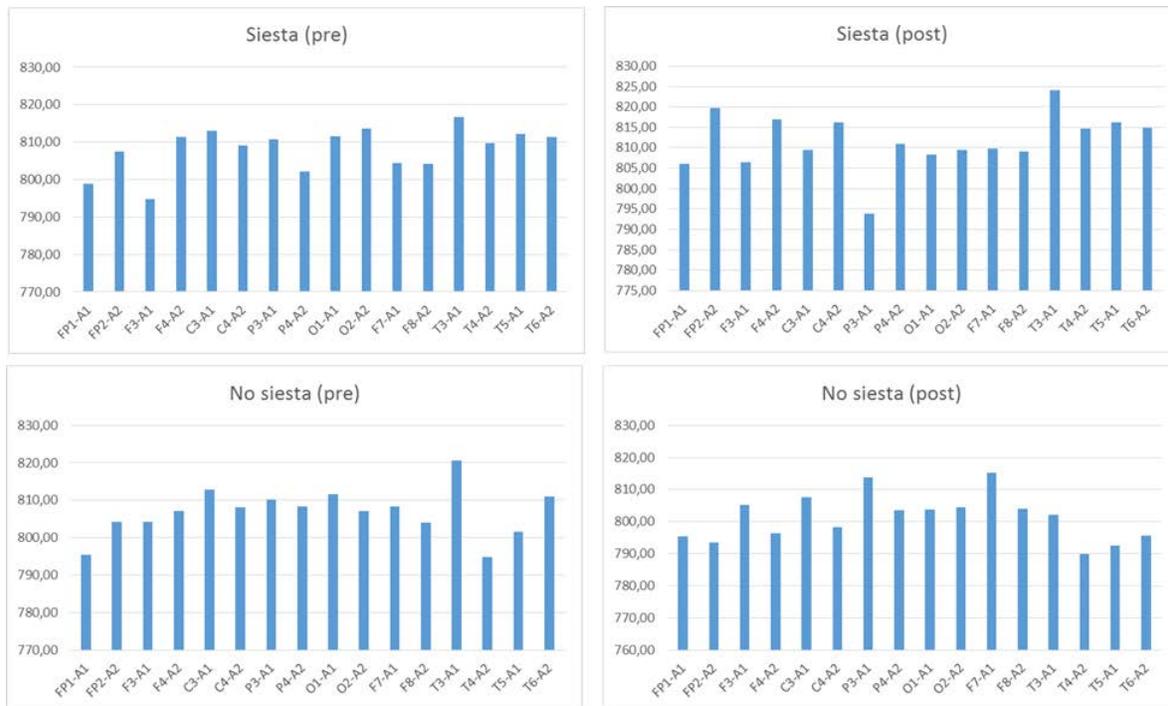
**Figura 6. Medias de la amplitud por regiones cerebrales para el componente N700**

procedimental diseñada para la investigación llevada a cabo (M. Moreno, comunicación personal, Abril 28, 2015).



**Figura 7. Medias de la amplitud por regiones cerebrales para el componente N800**

En la Latencia del componente N800, que fue definida en un rango entre 750 a 850 ms., no hubo diferencias estadísticamente significativas al 0,05 de significancia en ninguna de las regiones cerebrales, ni entre los grupos (siesta y no siesta), ni intra-grupo (pre y post test), por lo que se comprobó la hipótesis 4 en la dirección predicha. Las medias en la latencia por región cerebral pueden ser observadas en la Figura 9.



**Figura 8. Medias de la latencia por regiones cerebrales para el componente N800**

Para el segundo indicador electrofisiológico, amplitud, se realizaron los análisis correspondientes para observar si había diferencias en N800 entre los grupos. Considerando a Cabeza y Nyberg (2003) y a Rodríguez, Prieto y Bernal (2011), inicialmente se graficó la amplitud de este componente en las 16 regiones cerebrales registradas, lo que permitió observar el comportamiento de la activación cerebral regional intra-grupos pre y postest y entre grupos siesta y no siesta. Como se observa en la Figura 6, los grupos parecen muy similares en cuanto a la amplitud por región cerebral, con excepción de las zonas P3, F7, F8, T4 y T6 y, en las medidas postest, se observa que en el grupo que tomó la siesta disminuyó la amplitud en las regiones F4, C4, P4, FP2, O2, F8, T4 y T6, mientras que las demás regiones se mantuvieron igual; en tanto el grupo que no tomó la siesta mostró mayor diversidad y cambio en la amplitud, aumentando en C3, C4, O1, T5, P3, F8 y T4, a la vez que disminuyó en P4, T3 y O2, manteniéndose igual en las demás regiones cerebrales.

Para el tercer indicador electrofisiológico, área bajo la curva, se realizó el mismo procedimiento. En la Figura 10 se presentan las medias del área bajo la curva por grupo en las condiciones pre y postest, observándose una disminución generalizada entre las medidas pre y postest del grupo de siesta en todas las regiones cerebrales registradas, mientras que en el grupo de no siesta hubo mayor variabilidad en cuanto a la activación regional cerebral.



**Figura 9. Medias del área bajo la curva por regiones cerebrales para el componente N800**

Para comprobar si estas diferencias entre ambos grupos y entre mediciones eran significativas, se pretendió utilizar estadísticos paramétricos, sin embargo, no se cumplieron los supuestos de normalidad ni de homogeneidad de la varianza, por tanto, se optó por estadísticos no paramétricos. Se utilizó, entonces para la comparación de la latencia, amplitud y área bajo la curva del pretest entre ambos grupos (siesta y no siesta), el estadístico U de Mann-Whitney e igualmente para las comparaciones postest. La Tabla 4 resume las significancias obtenidas, donde se encontró que, con una confianza del 95%, los grupos diferían inicialmente solo en las regiones F7 y F8 ( $p= 0,014$  y  $0,02$  en amplitud y  $p= 0,019$  y  $0,22$  en área

bajo la curva, respectivamente), donde el grupo de no siesta tuvo mayor activación en la región F7 (media= 0,43) que los de siesta (media= 0,19), mientras que en F8, el grupo de siesta obtuvo mayor activación (media= 0,83) que los de no siesta (media= 0,3); estas diferencias, se mantuvieron por una mayor variabilidad de la actividad cerebral de los sujetos en estas regiones, lo que marcó una diferencia significativa en estas medias de amplitud.

**Tabla 4 Significancias de la comparación de medias de amplitud y área bajo la curva entre ambos grupos Siesta y No siesta en el pretest y en el posttest**

Regiones cerebrales	PRETEST		POSTEST	
	Amplitud	Área bajo la curva	Amplitud	Área bajo la curva
<b>FP1</b>	0,796	0,863	0,222	0,258
<b>FP2</b>	0,297	0,297	0,063	0,077
<b>F3</b>	0,73	0,73	0,436	0,546
<b>F4</b>	0,796	0,796	0,063	0,063
<b>C3</b>	1	0,931	0,161	0,161
<b>C4</b>	0,297	0,34	0,063	0,094
<b>P3</b>	0,387	0,387	0,489	0,546
<b>P4</b>	0,258	0,258	0,489	0,489
<b>O1</b>	0,161	0,161	0,666	0,666
<b>O2</b>	0,605	0,730	0,258	0,222
<b>F7</b>	0,014*	0,019*	0,258	0,258
<b>F8</b>	0,02*	0,022*	0,063	0,077
<b>T3</b>	0,77	0,77	0,34	0,34
<b>T4</b>	0,222	0,222	0,222	0,222
<b>T5</b>	0,546	0,546	0,863	0,863
<b>T6</b>	0,222	0,258	0,222	0,258

\*p< 0,05

Asimismo, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el posttest en ninguna de las regiones cerebrales, de forma que, con respecto a las áreas inicialmente diferentes, F7 y F8, los grupos cambiaron, equiparándose para esta segunda medición. En la Tabla 5 y en la Tabla 6 se dan las medias de F7 y F8 en el pretest y posttest de ambos grupos.

Ahora bien, habiendo observado un cambio entre las mediciones de ambos grupos, se realizó el contraste para comprobar si estas diferencias eran

significativas con el estadístico Wilcoxon de rangos signados. En la Tabla 5 y en la Tabla 6, se resume las significancias obtenidas para la diferencia tanto de amplitud como área bajo la curva según las regiones cerebrales, igualmente, al 0,05 de significancia. Se encontró que, para el grupo que no tomó siesta, solo existió un cambio no significativo en la región C3 ( $p= 0,015$  en la amplitud y  $p= 0,021$  en área bajo la curva), aumentando la media de amplitud en el posttest (media pretests= 0,30; media posttest= 0,47), mientras que en el grupo que tomó la siesta se observó un cambio significativo en las regiones cerebrales FP2 ( $p= 0,028$  tanto amplitud como área bajo la curva), P4 (solo en área bajo la curva,  $p= 0,028$ ), O2 ( $p= 0,028$  en amplitud y  $p= 0,038$  en área bajo la curva), F8 ( $p= 0,011$  en amplitud e igual en área bajo la curva) y T4 ( $p= 0,028$  en amplitud y  $p= 0,038$  en área bajo la curva), donde disminuyeron significativamente su media en amplitud y área bajo la curva en la medición después de haber tomado la siesta y P4 disminuyó significativamente sólo el área bajo la curva.

**Tabla 5. Medias de la amplitud y área bajo la curva del grupo de Siesta para el pre y posttest con su significancia**

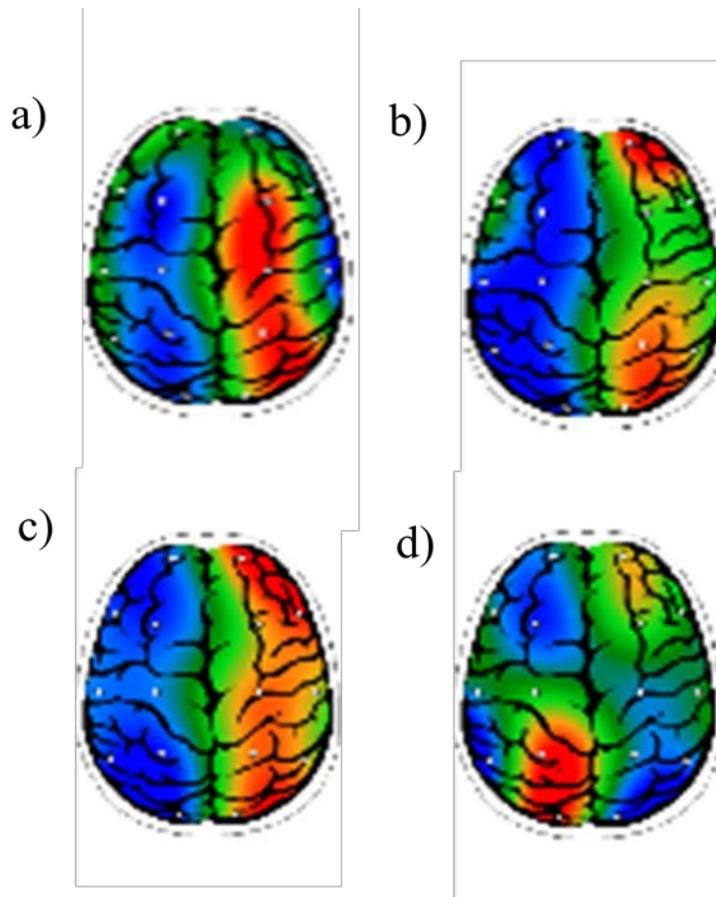
Regiones cerebrales	SIESTA					
	Amplitud			Área bajo la curva		
	Media pretest	Media posttest	Sig.	Media pretest	Media posttest	Sig.
FP1	.3811	.3722	0,678	141889.2289	131435.2989	0,767
FP2	.8767	.4922	0,028*	643468.7656	244361.3722	0,028*
F3	.2867	.3533	0,173	75466.6133	123086.4522	0,11
F4	.7011	.4800	0,214	440096.2011	252536.2422	0,11
C3	.3256	.3056	0,214	96561.6722	99041.6322	0,214
C4	.8000	.4433	0,86	528958.3833	185602.3833	0,066
P3	.3733	.3600	0,953	141189.7278	119727.2356	0,859
P4	.8211	.4300	0,66	532634.8611	179735.9156	0,028*
O1	.4433	.4000	0,594	293055.7811	116410.89	0,678
O2	.8967	.4589	0,028*	618939.9467	174281.0311	0,038*
F7	.1867	.2800	0,176	29341.8256	78497.7367	0,314
F8	.8256	.2633	0,011*	522894.9933	68304.1856	0,011*
T3	.2778	.3033	0,342	81723.0944	108188.6556	0,26
T4	.7133	.3856	0,028*	416860.1811	139407.9767	0,038*
T5	.3878	.3489	0,859	208268.8933	135797.7067	0,953
T6	.7544	.3656	0,086	466843.3789	169484.6956	0,11

**Tabla 6. Medias de la amplitud y área bajo la curva del grupo de No siesta para el pre y postest con su significancia**

Regiones cerebrales	NO SIESTA					
	Amplitud			Área bajo la curva		
	Media pretest	Media postest	Sig.	Media pretest	Media postest	Sig.
FP1	.4122	.6044	0,183	112689.7644	345611.1633	0,066
FP2	.6989	.8289	0,515	396278.5933	505884.3456	0,441
F3	.2811	.4567	0,109	68397.5767	181315.5111	0,11
F4	.7278	.7278	0,953	419581.8956	379818.0144	0,953
C3	.2967	.4744	0,015*	71512.2222	183802.93	0,021*
C4	.5811	.7144	0,314	318938.6711	366653.3644	0,678
P3	.3067	.4367	0,139	138838.6144	154380.01	0,139
P4	.6344	.5967	0,722	329756.3144	296608.7967	0,594
O1	.6067	.4267	0,314	315268.73	159713.2278	0,26
O2	.7944	.6744	0,594	509787.97	383893.3978	0,515
F7	.4300	.4822	0,779	150457.6822	254965.4322	0,953
F8	.3022	.6222	0,086	77169.8222	416669.0056	0,066
T3	.4278	.3478	0,594	158516.3978	95454.6689	0,594
T4	.5244	.5489	0,953	324133.8122	225416.2978	0,953
T5	.3878	.3889	0,767	154800.9289	119413.7111	0,859
T6	.5200	.5000	0,813	244710.0644	204438.6278	0,374

\* $p < 0,05$

Con lo expuesto hasta ahora, se puede decir que, conductualmente, los sujetos que tomaron un descanso sin siesta aumentaron significativamente la ejecución en el juego en la segunda medición, mientras que los que tomaron una siesta no mostraron un aumento significativo en su ejecución posterior. Electrofisiológicamente, se encontraron cambios en todos los grupos para el componente N800: para el de no siesta hubo un aumento de la amplitud (y por tanto de área bajo la curva) en regiones cerebrales posteriores, mientras que las frontales se mantuvieron igual, si bien sólo se halló diferencia estadísticamente significativa en C3; para el grupo de siesta, se dio una disminución o mantenimiento de la actividad cerebral en todas las regiones cerebrales, siendo significativas en FP2, F4, P4, O2, F8 y T4. En la Figura 11, se muestra la activación cerebral representativa por cada grupo en ambas mediciones.



**Figura 10.** Imágenes cerebrales representativas de los grupos, mientras jugaban con el programa informático de memoria procedimental: a) No siesta pretest, b) No siesta posttest, c) Siesta pretest y d) Siesta posttest

Siguiendo con los análisis pertinentes para la contrastación de las hipótesis propuestas, a continuación se realizó un conteo manual de los husos del sueño en el registro EEG de los 9 sujetos que tomaron la siesta. Este conteo es hecho en función de la aparición de husos del sueño en cada región cerebral en la que puedan visualizarse, que pueden ser observados en el Anexo F. El período de descanso duró entre 20 y 41 minutos, según las características de cada sujeto, lo que representa una media de 31 minutos. El número total de husos del sueño, considerando todas las regiones en las que aparece, es la frecuencia de los husos y, la división de ésta entre el total del tiempo en sueño NREM entre el tiempo total de registro, es la medida de densidad de los husos del sueño. A continuación, la Tabla 7 resume los datos por cada sujeto.

**Tabla 7. Número de husos del sueño, duración de sueño NREM, total del tiempo que estuvo descansando y densidad de los husos del sueño de cada sujeto del grupo de Siesta**

<b>Ss</b>	<b>N° de Husos</b>	<b>Duración NREM</b>	<b>Total Registro</b>	<b>Densidad</b>
<b>S1</b>	45	11	20	0,82
<b>S2</b>	103	21	30	1,47
<b>S3</b>	258	29	32	2,85
<b>S4</b>	256	32	41	3,28
<b>S5</b>	112	36	38	1,18
<b>S6</b>	247	27	30	2,74
<b>S7</b>	71	18	30	1,18
<b>S8</b>	251	28	30	2,69
<b>S9</b>	330	25	30	3,96

Así, para obtener la correlación entre la densidad de los husos del sueño y el desempeño que obtuvieron los sujetos en la condición de siesta, fue tomado en cuenta el valor de las diferencias obtenidas entre los aciertos previos a la siesta y los posteriores, es decir, el resultado numérico obtenido por la resta de los valores posttest con los valores pretest. El cálculo de la correlación entre la densidad de los husos del sueño y las diferencias obtenidas fue hecho utilizando el estadístico no paramétrico Rho de Spearman. El resultado obtenido de la correlación entre la densidad de los husos del sueño de los sujetos y su desempeño, obtenido a través de las diferencias en las puntuaciones pretest y posttest, arrojó una correlación baja y positiva ( $r= 0,276$ ), indicando que un mayor desempeño en la tarea está asociado con un mayor número de husos de sueño durante la siesta.

Con los análisis expuestos, se da respuesta a las hipótesis de investigación propuestas en el estudio. Con respecto a la hipótesis general, que planteaba que tomar una siesta producía una mejora significativa en la memoria procedimental, no es posible decir que se manifestará en una mejora conductual en el juego, mas electrofisiológicamente sí ocurrieron cambios importantes diferenciados entre los que toman siesta y los que no. Esto se explica mejor con base en las hipótesis específicas, donde en la primera y segunda hipótesis (H1 y H2), no se cumplen, resultando, opuestamente a lo esperado: a pesar de que ambos grupos aumentaron la media de aciertos en el juego, se manifestó una mejoría

significativa en el grupo que no toma la siesta, mientras que el grupo que sí lo hace, mantuvo un desempeño igual al inicial. Igualmente, la hipótesis 3 (H3) no se cumple, obteniendo que el grupo que tomó la siesta no obtuvo puntuaciones posteriores superior al grupo de no siesta, siendo más bien iguales.

La cuarta hipótesis (H4) se acepta, de forma que la latencia estudiada de N800, es igual tanto entre los grupos de siesta y no siesta, como en las mediciones pretest y posttest, así como resultó una latencia igual para todas las regiones cerebrales.

Las hipótesis quinta y sexta (H5, H6) que proponían un cambio significativo en la amplitud y área bajo la curva del nuevo PRE para el grupo que toma la siesta, sí se cumplió, obteniéndose que en las regiones cerebrales FP2, F4, O2, F8 y T4, se obtuvo una disminución en la amplitud de las ondas y, en FP2, F4, P4, O2, F8 y T4, una disminución en el área bajo la curva. Asimismo, el grupo que no tomó la siesta mostró un cambio significativo en la amplitud y área bajo la curva de este PRE en la región C3, manteniendo una activación similar en las demás regiones cerebrales, mostrando, de manera contraria al grupo que tomó la siesta, un aumento de los indicadores nombrados, no cumpliéndose las hipótesis séptima y octava (H7 y H8). De igual forma, los grupos de siesta y no siesta diferían inicialmente en dos regiones cerebrales, F7 y F8, por variabilidad en el funcionamiento individual de los sujetos, sin embargo, en la medida posterior, todos los sujetos presentaron una activación cerebral similar en todas las regiones, con lo que se rechazaron la hipótesis novena y décima (H9 y H10) donde se planteaba que el grupo que tomara la siesta tendría una amplitud y área bajo la curva significativamente diferente al grupo de no siesta.

Finalmente, en la onceava hipótesis (H11) se planteaba una correlación alta y positiva entre la densidad de los husos del sueño y la diferencia entre las mediciones pre y posttest del grupo que tomó la siesta. Esta correlación resultó baja, pero en la dirección esperada, siendo esta positiva, es decir, que a mayor densidad de los husos del sueño, mayor rendimiento en el programa informático que mide memoria procedimental.

## DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación es observar si la siesta produce un efecto conductual y electrofisiológico en el desempeño de una actividad que requiere memoria procedimental, reflejando la consolidación de redes neuronales vinculadas a este proceso cognitivo, así como aportar un nuevo estudio en un área de la Psicología Cognitiva poco indagado con el apoyo de técnicas correspondientes a la Neurociencia Cognitiva, planteándose encontrar nuevos componentes de los PRE subyacentes al proceso cognitivo en estudio.

En concordancia con el objetivo propuesto, se plantearon las hipótesis tanto conductuales como electrofisiológicas a las cuales se les da respuesta. En primer lugar, considerando los hallazgos de Schmidt, et al. (2006), Antony, et al. (2013) y Mascetti, et al. (2013), se hipotetiza que los sujetos que toman una siesta entre ambas mediciones de memoria con el juego, aumentan de forma significativa su rendimiento, en contraste con los sujetos que no toman la siesta, en quienes se espera que obtengan un desempeño igual en ambas mediciones. Los resultados obtenidos no apoyan estas hipótesis porque ambos grupos mejoraron su rendimiento, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Sin embargo, existió una diferencia estadísticamente significativa a nivel intra-grupo entre el pretest y el posttest de los sujetos de no siesta.

Esta mejora de todos los sujetos, independientemente del grupo en estudio en el cual se encontraban, podría explicarse por lo planteado por Gluck et al. (2008), quienes argumentan que por la mera experiencia con un mismo evento o por la práctica, la ejecución posterior será mejor. Albert, Robertson y Miall (2009) han encontrado que un período de descanso facilita la consolidación del aprendizaje, activando una red neuronal fronto-parietal que se encuentra vinculada con estados de descanso. Los autores (Albert et al., 2009) afirman que en el período de descanso, el cerebro se encuentra activa y selectivamente procesando el aprendizaje y los estímulos que transcurrieron, de manera que un alejamiento

breve de la actividad, puede generar una mejora en el desempeño posterior inmediato.

Otro aspecto a considerar en este resultado, lo explican Kelly y Garavan (2005), arguyendo que con la práctica, ocurre un decremento en la activación de las redes neuronales en funcionamiento, lo que explica que la experiencia repetida se manifieste en un cambio cuantitativo cerebral por los cambios que ocurren a nivel neuronal después de repeticiones de una misma tarea, lo que facilita la transmisión sináptica y, por ende, se refleja en la ejecución de la tarea.

Ahora, en relación a la significativa mejoría en el rendimiento del grupo de no siesta, se considera que una variable que ha podido intervenir, independientemente de los factores favorables a la consolidación de la memoria procedimental por la siesta del otro grupo, es el lapso de tiempo transcurrido desde que fueron despertados hasta la ejecución del juego post-siesta. Si bien electroencefalográficamente se verificó que los sujetos estuviesen despiertos a través de la presencia del ritmo alfa en regiones posteriores, como un indicador del estado de vigilia, es probable que el nivel de alerta no haya sido suficiente, no habiéndose podido prolongar esa fase de despertamiento debido a las limitaciones horarias del uso de los laboratorios. Como fue descrito en la sustentación teórica de la presente investigación, las fases del sueño son flexibles y presentan oscilaciones con microdespertares, a la vez que justo en el proceso del despertar, se puede oscilar de nuevo hacia la somnolencia, de manera que el nivel de alerta presente en los sujetos del grupo de siesta, pudo haber contribuido con la disminución en sus puntuaciones, toda vez que un menor nivel de alerta produce un menor desempeño (Steidt, Mohi-uddin y Anderson, 2015).

Asimismo, con base en la conducta observable y expresiones verbales de los sujetos mientras juegan, se observa la influencia de otras variables que pueden estar afectando las diferencias en los puntajes de los sujetos. Por ejemplo, algunos sujetos se muestran frustrados por no lograr una puntuación perfecta o elevada, o bien por tener muchos errores, lo cual pudo tener repercusiones en su rendimiento posterior, disminuyéndolo por la falla en la precisión, por la falta

control al presionar la tecla o aumentando por la elevada atención puesta en los estímulos a los cuales debían responder. Esta proposición se ve apoyada por Carrillo de la Peña y Cadaveira (1999), quienes explican que factores motivacionales influyen en la ejecución de las personas en una tarea, mejorando su rendimiento significativamente cuando la persona se encuentra altamente motivada; esta relación, a su vez, es explicada por la cantidad de recursos atencionales que se invierten en el estímulo y, por tanto, electrofisiológicamente, esto resulta en una mayor amplitud en el componente estudiado, en caso de los autores citados, P300, lo cual también se observa en los sujetos de este estudio en N800.

Por otra parte, en el grupo de siesta se espera una mejoría más allá de la provocada por la práctica en la tarea. Esta mejoría no ocurrió, pudiendo ser explicado por la duración de la siesta de cada sujeto, período que estuvo comprendido entre 20 y 45 minutos. A pesar que se han encontrado resultados en los que ocurre una mejoría posterior a una siesta corta en cuanto a la memoria procedimental (Mascetti et al., 2013; Lau et al., 2011; Wilhelm et al., 2011), otras investigaciones como las de Backhaus, Junghanns, Born, Hohaus, Faasch y Hohagen (2006) y Mednick et al. (2013), plantean que es necesario tener una siesta de más de 60 minutos para que ocurra una consolidación en la memoria procedimental al aumentar la probabilidad de que se llegue al sueño REM, durante el cual se ha ido demostrando que se consolida la memoria procedimental y se logra un mejor desempeño en las tareas de este tipo.

El desempeño en tareas que evidencian conductualmente la consolidación de la memoria procedimental puede evaluarse a través de medidas de velocidad de reacción o precisión, aciertos, disminución de número de errores y de omisiones, entre otras (Diekelmann, Wilhelm y Born, 2008). A pesar que indicadores conductuales no arrojen diferencias significativas en las investigaciones realizadas, no implica que éstas no existan. Cabe recordar que las medidas conductuales tienen una resolución temporal en segundos, pero la evaluación de procesos cognitivos a través de los PRE, tiene una mayor

resolución temporal porque se mide en milésimas de segundo, que trae como consecuencia que procesos no observables conductualmente, puedan evaluarse por otras vías. Un ejemplo claro de estos dos niveles de medida, se refleja en lo que es una evaluación en tiempo de reacción y otra evaluación que permita acceder al tiempo de procesamiento cognitivo en milésimas de segundos, como son los PRE. De manera que los PRE son un nivel de medida de grano fino que complementa las evaluaciones conductuales y enriquecen la teoría psicológica.

Asimismo, en los estudios previos, no existen hallazgos suficientes y concluyentes sobre los PRE y memoria procedimental, llegando solo a vincular potenciales relacionados a eventos con procesos atencionales tempranos, en relación a la integración de información auditiva y visual, tales como P200 y P300 (Polich, 2007; Jongsmaa et al., 2011; Orduña, 2011). Lo anterior constituye un vacío del conocimiento dentro de las ciencias cognitivas, por lo que en esta investigación, se plantea encontrar un PRE más vinculado funcionalmente con la tarea de memoria procedimental.

El componente a buscar, entonces, tiene que ser distinto a los componentes ya estudiados, P200 y P300 (Polich, 2007; Jongsmaa et al., 2011; Orduña et al., 2011; Guo y Koelsch, 2015). La tarea propuesta en esta investigación, implica un mayor esfuerzo cognitivo, pues se trata de un estímulo visual en relación con una clave auditiva que, a su vez, requiere de una respuesta motora por parte del sujeto, de modo que éste debe integrar la información recibida para dar una respuesta en un tiempo especificado y lograr un desempeño elevado.

Para apoyar la existencia del componente escogido, se evaluó la latencia de aparición del mismo, la cual debía ser igual para todos los sujetos y en todas las regiones cerebrales, ya que se trataba de personas normales, sin alteraciones funcionales. Esta latencia resultó, en efecto, igual para todos los sujetos y, esto, junto con una alta amplitud y área bajo la curva en regiones cerebrales particulares y una actividad pretest similar en todos los sujetos evaluados,

evidencia la existencia del componente N800 en la tarea que implica el juego informático de memoria procedimental.

Al ser el proceso en estudio la memoria procedimental, el PRE a estudiar se esperaba más tardío, como se acaba de señalar; es decir, con una latencia superior a los 350 ms. encontrándose en esta investigación que a partir de los 600 ms,. ocurre una mayor activación de redes neuronales en los sujetos estudiados, reflejada en un PRE de polaridad negativa de mayor amplitud, especialmente entre los 700 y 800 ms,. lo que implica un mayor esfuerzo para lograr el éxito en la tarea de memoria procedimental que, aunado a una mayor área bajo la curva, que implica un procesamiento de mayor cantidad de información para resolver la tarea, y con una latencia claramente definida, tríada que con la aproximación funcional descrita anteriormente en la sustentación teórica, demuestra la existencia de este nuevo complejo N700-N800 (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2011), llevándose a cabo el estudio más exhaustivo de la onda N800 por su más alta amplitud y activación en regiones cerebrales más relacionadas con la tarea, toda vez que era más similar en ambos grupos a ser estudiados, lo que permite así evaluar con mayor precisión si la variable siesta, tiene algún efecto sobre la consolidación de la memoria procedimental. Sin embargo, para futuras investigaciones, parece pertinente estudiar la vinculación del complejo N700-N800 con la tarea de memoria procedimental como sería sugerido por Duarte-Expósito, Nieto-Barco, Vega-Rodríguez y Barroso-Ribal (2004).

Se considera este hallazgo un resultado de suma importancia de la presente investigación, ya que es un aporte no sólo al campo de las neurociencias cognitivas y, específicamente, de la electrofisiología cerebral de procesos cognitivos, sino a la propia Psicología Cognitiva, con mucho valor heurístico.

Con base en los resultados del componente N800, se contrastan las hipótesis que proponen que el grupo que toma una siesta tendría cambios en la activación cerebral antes y después de este período de descanso, mientras que el grupo sin siesta, mantendría un activación similar en ambas mediciones. Para todos los sujetos que ejecuten el juego, debe existir una mayor activación en

regiones parietales y prefrontales que, a medida que se tiene más práctica o hay mayor aprendizaje, va disminuyendo (Shadmehr y Holcomb, 1997; Kelly et al., 2005). Esto es así porque la tarea estudiada necesita de una planificación por parte del sujeto sobre cuándo presionar la tecla, un seguimiento visual-espacial del estímulo y una respuesta motora que debe dar para escuchar sonido, lo que implica una activación también de áreas temporales, todo con predominancia del hemisferio derecho justo por ser una tarea visoespacial, siendo esperada mayor activación de redes parieto-frontales.

Con los resultados analizados, se encontró que, efectivamente, los sujetos de ambos grupos tuvieron consistentemente mayor activación en regiones frontales derechas (Fp2 y F4), regiones parietales (C4, P4 y T6) y sensoriales auditivas y visuales (O1, O2 y T4, T6), lo que constituye un elemento más de juicio para establecer la vinculación entre el componente N800 y la consolidación de la memoria procedimental.

Por otra parte, se encontraron cambios significativos en la amplitud y área bajo la curva en las diferentes regiones cerebrales diferentes para ambos grupos: en lo que respecta al grupo que no tomó siesta, existió un aumento de la amplitud y área bajo la curva en regiones cerebrales posteriores, mientras que las frontales se mantuvieron igual, aunque C3 fue la única estadísticamente significativa, lo que implica que este grupo requirió de un mayor esfuerzo y procesamiento de la información para su segunda medición, en comparación con la primera. Referente al grupo de siesta, se mantuvo una actividad similar en todas las regiones del hemisferio izquierdo, mientras que la amplitud y área bajo la curva disminuyeron en todas las regiones cerebrales derechas, siendo significativa en FP2, F4, P4, O2, F8 y T4, lo cual, contrariamente al grupo anterior, indica que los sujetos que tomaron siesta, requirieron de un menor esfuerzo y procesamiento de información para ejecutar la misma tarea después de haber tomado la siesta, empleando el mismo tiempo de procesamiento reflejado en las latencia iguales entre ambos grupos.

Estos resultados electrofisiológicos pueden relacionarse con los conductuales, de forma que es posible observar que, a pesar de que ambos grupos lograron un desempeño posterior similar, los que tomaron la siesta necesitaron emplear menos recursos y obtuvieron un rendimiento similar al primer intento, mientras que los que no tomaron la siesta, mejoraron su rendimiento, sin embargo, debieron emplear mayor cantidad de recursos y mayor esfuerzo. Relacionando esta información con lo expuesto anteriormente, posiblemente la mayor activación observada en las regiones frontales de los sujetos que no tomaron la siesta, puede deberse a la mayor atención y alerta que requirieron para aumentar su puntaje, situación que no se observa en los que sí tomaron la siesta, a pesar que se manifestaban igualmente motivados a superar su puntuación inicial pero probablemente su nivel de alerta más bajo, que influye en la atención, al acabar de despertarse afectó su rendimiento en la misma, el cual entonces no refleja necesariamente una falta o falla de consolidación de la memoria procedimental. A este respecto, Silva et al. (2013), argumenta que la atención tiene un papel importante en las tareas que implican la memoria, ya que, facilita el procesamiento de información en tanto la persona atiende al estímulo, lo que implica mayor activación en áreas frontales mientras mayor sea la atención. Asimismo, el esfuerzo significativamente menor empleado por los sujetos que tomaron la siesta puede ser indicador de un aprendizaje, evidenciando una automatización del proceso por el fortalecimiento de las redes neuronales durante la siesta, que se manifiesta en la necesidad de menos atención en el juego siendo que sus puntuaciones se mantuvieron y no disminuyeron.

Así, encontrarse en períodos de fatiga, somnolencia y/o paso inmediato del sueño a la vigilia produce un decremento en la capacidad de focalizar la atención. El mantenerse en un estado de sueño y fatiga produce una bajada en el pico atencional, pudiendo incrementar el número de fallas en tareas que requieran una atención sostenida (Horowitz, Cade, Wolfe y Czeisler, 2003). El período temporal en el que fue desarrollada la investigación comprendió desde la 2 p.m. hasta las 4 p.m., siendo conocido que este momento del día produce un incremento del sueño y un decremento en el desempeño (Dinges, 1992), por lo que los sujetos de la

investigación que no tomaron una siesta pudieron requerir de un mayor esfuerzo atencional para lograr un mejor desempeño en la ejecución de la tarea de memoria procedimental, lo que se reflejó en una mayor activación regional cerebral, evidenciada en una mayor amplitud del PRE estudiado, requiriendo de un gasto de mayores recursos cognitivos para poder alcanzar un desempeño óptimo en la tarea que realizaron.

Los resultados previamente expuestos van en concordancia con Montes-Rodríguez (2008), quien argumenta que el sueño fomenta la plasticidad o fuerza neuronal. En el caso de este estudio, para comprobar si el mantenimiento de los aciertos en la tarea de memoria procedimental, que implicaron un menor esfuerzo por parte de los sujetos que tomaron la siesta, evidenciado en una reducción generalizada de la amplitud del componente N800 en prácticamente todas las regiones cerebrales estudiadas, se debía al hecho de dormir, se correlacionó la densidad de los husos del sueño con el resultado de la diferencia entre los puntajes de aciertos obtenidos en el pretest y el posttest en la tarea evaluada, ya que se ha relacionado en estudios anteriores la mayor aparición de estas ondas cerebrales del sueño con una mayor consolidación del aprendizaje (Gais et al., 2002; Antony et al., 2013). La correlación obtenida en el estudio indica que, en efecto, a mayor cantidad de la densidad de los husos del sueño, mayores puntuaciones se obtendrán en el juego informático propuesto. Si bien es una correlación baja, según autores como Backhaus et al. (2006) y Mednick et al. (2013), durante las siestas, la mejora del rendimiento en tareas que implican memoria procedimental es mayor a partir de los 60 minutos de duración, por tanto, se considera que si se aumenta el tiempo en la siesta de los 30 minutos utilizados en esta investigación a 60 minutos, aumentaría la densidad de los husos del sueño y la diferencia de los aciertos pre y posttest y, así, la correlación obtenida posiblemente debería aumentar. Asimismo, una correlación más alta podría darse al aumentar el número de la muestra.

Así, los resultados arrojados en la presente investigación muestran cómo tanto la siesta como tomar un descanso, se vinculan con la consolidación del

aprendizaje procedimental (evidenciado en los aciertos posttest de ambos grupos). Igualmente se evidencia, por los cambios en la activación regional cerebral del PRE analizado, un efecto de fortalecimiento en las redes neuronales a través de la siesta que le permite a los sujetos un mayor ahorro de esfuerzo cognitivo al momento de la ejecución de la tarea, ejerciendo un efecto reparador. Contrario a los sujetos que durmieron, los que no durmieron mostraron mayor activación de redes neuronales, implicando esto un mayor esfuerzo cognitivo para obtener un mejor desempeño en la medida posttest.

Para finalizar debe considerarse que, aún cuando los análisis estadísticos no dieron diferencias significativas en diversas hipótesis planteadas, se logró el objetivo de esta investigación al haber podido evaluar tanto conductual como electrofisiológicamente el efecto de la siesta en la consolidación de la memoria procedimental, así como la detección del nuevo componente de los potenciales relacionados a eventos N800 y la asociación entre la densidad de los husos del sueño el rendimiento en un programa informático de memoria procedimental, todo lo cual es un aporte más en el campo tanto de la Neurociencias Cognitivas como de la Psicología Cognitiva en la construcción del conocimiento sobre la consolidación de la memoria procedimental.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación realizada pone en evidencia el conocimiento que se genera en la Psicología Cognitiva y en la Neurociencias Cognitivas cuando, a través de una aproximación funcional al estudio de los procesos cognitivos, se integran las evaluaciones conductuales con las electrofisiológicas, específicamente con el uso tanto de la actividad registrada en el EEG como de los potenciales relacionados a eventos.

En cuanto al estudio de la siesta realizado para evaluar sus efectos sobre la memoria procedimental, se concluye que tras tomar un descanso, conductualmente, se puede obtener un desempeño similar al que se tiene al tomar una siesta de 30 minutos de duración si se consideran otras variables individuales, tales como la emoción, motivación y atención puesta en la actividad. Una alta motivación, mayor atención y/o adecuado control de la frustración, lleva a los sujetos a tener un mejor rendimiento en la tarea pero con una mayor inversión en recursos y haciendo mayor esfuerzo cognitivo, en comparación con aquellos que tomen un descanso con siesta.

Desde el punto de vista electrofisiológico, el uso de los potenciales relacionados a eventos con mayor resolución temporal que los estudios conductuales permite observar cambios inclusive con significación estadística no observados conductualmente lo que fue evidenciado en las características de activación cerebral regional diferencial al comparar el grupo de siesta y el de no siesta, siendo que los PRE del primer grupo requirieron de menor esfuerzo y menor cantidad de información procesada en el mismo tiempo de procesamiento cognitivo.

Los resultados arrojados en la presente investigación muestran cómo tanto la siesta como tomar un descanso, se vinculan con la consolidación del aprendizaje procedimental (evidenciado en los aciertos posttest de ambos grupos). Igualmente se evidencia, por los cambios en la activación regional cerebral del PRE analizado, un efecto de fortalecimiento en las redes neuronales a través de la

siesta que le permite a los sujetos un mayor ahorro de esfuerzo cognitivo al momento de la ejecución de la tarea, ejerciendo un efecto reparador. Contrario a los sujetos que durmieron, los que no durmieron mostraron mayor activación de redes neuronales, implicando esto un mayor esfuerzo cognitivo para obtener un mejor desempeño en la medida posttest.

Para que los cambios sean observados conductualmente y se den en mayor cuantía en los parámetros de los PRE la siesta debe tener un período mayor a 30 minutos, posiblemente alrededor de los 60 minutos, lo que propicia una mayor densidad de los husos del sueño y la probabilidad de la aparición del estadio de sueño REM, ambos vinculados con una mayor consolidación de la memoria y el aprendizaje.

Se verifica la influencia que tiene la práctica o experiencia repetida de una actividad en la mejora de la misma, ya que se refuerzan las redes neuronales subyacentes que están implicadas en la ejecución de la actividad solicitada, siendo que, en una actividad de memoria procedimental siempre existirá un incremento gradual del desempeño, producto de ese fortalecimiento neural.

En el estudio de procesos cognitivos con condiciones experimentales diferentes a los paradigmas tradicionales hay que estar abiertos a la detección de nuevos PRE como el N800 encontrado en la presente investigación que pareciera estar vinculado con la memoria procedimental reflejando la participación de áreas prefrontales y parietales, así como de áreas sensoriales tanto visuales como auditivas, con predominancia en el hemisferio derecho por el tipo de tarea visoespacial.

La presente investigación, apoya los resultados obtenidos anteriormente en otros estudios, siendo este un tema con poca investigación, por lo que tiene relevancia teórica. Asimismo, tiene relevancia práctica, pues evidencia la importancia del sueño para la consolidación de memoria de procedimiento y mejor inversión de los recursos cognitivos. Una siesta en horas relacionadas a mayores niveles de sueño y cansancio permite una reorganización cognitiva del material

procesado y una optimización de los recursos que serán puestos en marcha posteriormente, permitiendo un desempeño con menor esfuerzo. Esta investigación permite la apertura de campos a futuras investigaciones que relacionen la emoción con el aprendizaje durante las siestas, así como del PRE involucrado N700-N800.

La presente investigación constituye un estudio pionero en el campo de la Psicología Cognitivas, las Neurociencias Cognitivas y la electrofisiología cerebral de procesos cognitivos con gran valor heurístico.

## **Limitaciones**

- Dificultades de instalación y funcionamiento del software NeuroSpectrum 5 en los computadores.
- Espacio poco optimizado para el estudio del sueño.
- Horario restringido para el uso de los laboratorios de Neurociencias, donde se encuentran los equipos de registro EEG.
- Complicaciones para conseguir la pasta conductora necesaria para la colocación de los electrodos y su óptimo funcionamiento.
- Falta de recursos (en tiempo y economía) que permitieran extender el tamaño muestral y diseño del estudio.

## **Recomendaciones**

- Acondicionar laboratorios con requerimientos óptimos para estudios de este tipo.
- Ampliar la muestra de estudio, de forma que obtengan datos más representativos, así como que corroboren con mayor precisión los resultados obtenidos en el presente.
- Incluir en un estudio similar, o bien una replicación del presente, variables no tomadas en cuenta, tales como la motivación, emoción y atención que parecen tener influencia en los resultados observados.

- Realizar una replicación del estudio con un diseño intra-sujeto, de manera de controlar las diferencias individuales que pudieron afectar el desempeño.
- Estudiar con mayor profundidad el componente N700-N800 detectado en este estudio.
- Realizar un estudio que compare la mejoría en la memoria procedimental en grupos con diferentes períodos de siesta (por ejemplo, 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos), para constatar los resultados previos, en contraste con el presente.
- Que se garanticen los recursos humanos, técnicos y materiales necesarios para la realización de investigaciones en este campo con el suficiente apoyo institucional

## REFERENCIAS

- Abel, T., Havekes, R., Saletin, J. M., & Walker, M. P. (2013). Sleep, plasticity and memory from molecules to whole-brain networks. *Current Biology: CB*, 23(17), R774–88. DOI:10.1016/j.cub.2013.07.025
- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revista de Neurología* 32(4), 373-381.
- Albert, N., Robertson E. & Miall E. (2009). The resting human brain and motor learning. *Current Biology* 19, 1023-1027. DOI: 10.1016/j.cub.2009.04.028.
- Albouy, G., Fogel, S., Pottiez, H., Nguyen, V., Ray, L., Lungu, O., et al. (2013). Daytime sleep enhances consolidation of the spatial but not motoric representation of motor sequence memory. *PLOS one* 8(1).
- Alcaraz-Romero, V. M. (2001) *Texto de neurociencias cognitivas*. Coyoacán, México: Manual Moderno.
- Alger, S. E., Lau, H. & Fishbein, W. (2010). Delayed onset of a daytime nap facilitates retention of declarative memory. *PLOS one* 5(8). Recuperado de <http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0012131&representation=PDF>
- Antony, J., Gobel, E., O'Hare J., Reber, P. & Paller, K. (2013). Cued memory reactivation during sleep influences skill learning. *Nature Neuroscience* 15(18), 1114-1116. DOI: 10.1038/nn.3152.
- Aserinsky, E., & Kleitman, N. (1953). Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena, during sleep. *Science*, 118, 273-274. Recuperado de [http://www.lphslibrary.org/uploads/7/2/9/6/7296009/aserinsky\\_eye\\_motility2.pdf](http://www.lphslibrary.org/uploads/7/2/9/6/7296009/aserinsky_eye_motility2.pdf)
- Backhaus, J., Junghanns, K., Born, J., Hohaus, K., Faasch, F. & Hohagen, F. (2006). Impaired declarative memory consolidation during sleep in patients with primary insomnia: influence of sleep architecture and nocturnal cortisol release. *Biol Psychiatry* 60(12), 1324-1330.

- Backhaus, J., Junghanns, K., Broocks, A., Riemann, D. & Hohagen F. (2002). Test-retest reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index in primary insomnia [Abstract]. *Journal of psychosomatic research* 53(3). Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12217446>
- Balluerka, N. y Vergara, A. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología*. Madrid: Prentice Hall.
- Bernal J.; Rodríguez Camacho, M.; Prieto, B. & Romero, H. (2011). Potenciales relacionados con eventos: técnicas y métodos de registro. Silva-Pereyra, J. (Ed.), *Métodos en neurociencias cognoscitivas* (pp. 68-84). México: El Manual Moderno.
- Berson, D. M; Dunn, F.A & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295, 1070-1073.
- Blanco, E. A. (2008). Introducción al estudio del ciclo de vigilia-sueño. *Rev Med UV*, 8(1), 6-18.
- Boyden, ES., Katoh, A. y Raymond, JL. (2004). Cerebellum-dependent learning: the role of multiple mechanisms [Abstract]. *Annuals reviews of neuroscience*, 27, 581-609. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15217344>
- Cabeza R. & Nyberg, L (2003). Seeing the Forest through the Trees: the cross-function approach to imaging cognition. Zani, A. & Proverbio, A. M.. (Eds.), *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 40-66). USA: Academic Press.
- Cantero, J., Atienza, M., Salas, R. y Dominguez-Marin, E. (2002). Effects of prolonged waking-auditory stimulation on electroencephalogram synchronization and cortical coherence during subsequent slow-wave sleep. *The journal of neuroscience*, 22(11), 4702-4708.
- Carlson, N.R. (1996). *Fundamentos de psicología fisiológica* (3ed.). Naucalpan de Juárez, México: PEARSON.
- Carporale, N & Dan, Y. (2008). Spike timing–dependent plasticity: a hebbian learning rule. *Annual Review of Neuroscience* (31), 25-46. DOI: 10.1146/annurev.neuro.31.060407.125639

- Chauvette, S., Seigneur, J., & Timofeev, I. (2012). Sleep oscillations in the thalamocortical system induce long-term neuronal plasticity. *Neuron*, 75(6), 1105–13. DOI:10.1016/j.neuron.2012.08.034
- Cohen N. J., and Squire L. R. (1980) Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: dissociation of knowing how and knowing that. *Science*. 210(4466), 207-210.
- Cooke, S.F. & Bliss T.V.P. (2006). Plasticity in the human central nervous system. *Brain*. DOI:10.1093/brain/awl082
- Diekelmann, S., Wilhelm, I. & Born, J. (2008). The whats and whens of sleep-dependent memory consolidation. *Sleep Medicine Reviews* 13, 309-321.
- Dinges D. (1992) *Adult napping and its effects on ability to function*. Stampi C (ed.). *Why We Nap: Evolution, Chronobiology, and Functions of Polyphasic and Ultrashort Sleep*: Birkhäuser, Boston; 118-134.
- Duarte-Expósito, M.J.; Nieto Barco, A.; Vega-Rodríguez de, M. & Barroso-Ribal, M (2004). Potenciales evocados cerebrales asociados al efecto de imaginabilidad en el procesamiento semántico. *Rev Neurol* 39(12), 1123-1128.
- Eichenbaum, H. (2002). *The cognitive neuroscience of memory: an introduction*. (2da ed.). USA: Oxford University Press.
- Ellis, B.W., Johns M., Lancaster, R., Raptopoulos, P., Angelopoulos, N., Robert G. Priest, R.G. (1980). The st. mary's hospital sleep questionnaire: a study of reliability [Abstract]. *Sleep* 4(1) 93-97. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7232974>
- Feldman, R. (2002). *Psicología: con aplicaciones en países de habla hispana* (4ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Garrett, E. y Crutcher, M. (1990). Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Elsevier*, 13(7). Recuperado de [http://www.bio.brandeis.edu/nbio146/readings/Alexander\\_Crutcher\\_1990.pdf](http://www.bio.brandeis.edu/nbio146/readings/Alexander_Crutcher_1990.pdf)
- Geyer, T., Mueller, H., Assumpcao, L. & Gais, S. (2013). Sleep-effects on implicit and explicit memory in repeated visual search. *PLOS one* 8(8).

- Gluck, M. A., Mercado, E. & Myers, C.E. (2008). *Aprendizaje y memoria: del cerebro al comportamiento*. México: McGraw Hill.
- González de Rivera R., J.L. (1993). Psicopatología del sueño. *Focus on Psychiatry*, 4, 76-87.
- Gottselig, J. M., Hofer-Tinguely, G., Borbély, A., Regel, S. J., Landolt, H. P., Rétey, J. V., et al. (2004). Sleep and rest facilitate auditory learning. *Neuroscience*, 127(3), 557–61. doi:10.1016/j.neuroscience.2004.05.053
- Guo, S. & Koelsch, S. (2015). The effects of supervised learning on event-related potential correlates of music syntactic processing. *Brain Research*. DOI: 10.1016/j.brainres.2015.01.046.
- Hebb, D. (1949). *The Organization of Behavior*. (Wiley ed.). New York. Recuperado de <http://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=gUtwMochAl8C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Hebb,+D.O.+%281949%29.+The+Organization+of+Behavior&ots=w1pQ1lmtrD&sig=4aU5a2q1ihHrSoXoEln8zclJkSM#v=onepage&q&f=false>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2002). *Metodología de la investigación*. (3ra ed.). México: McGraw-Hill.
- Hirano, T. (2013). Long-term depression and other synaptic plasticity in the cerebellum. *The Japan Academy*. DOI: 10.2183/pjab.89.183
- Holz, J., Piosczyk, H., Feige, B., Spiegelhalter, K., Baglioni, C., Riemann, D. et al. (2012). EEG sigma and slow-wave activity during NREM sleep correlate with overnight declarative and procedural memory consolidation. *Journal of sleep research*. DOI: 10.1111/j.1365-2869.2012.01017
- Horowitz, T., Cade, B., Wolfe, J. & Czeisler, C. (2003). Searching night and day: a dissociation of effects of circadian phase and time awake on visual selective attention and vigilance. *Psychological Science* 14(6).
- Iber, C., Ancoli-Israel, S., Chesson, A. & Quan, S. (2007). *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events*. Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine.
- Jankowski, K.S. (2014). Composite scale of morningness: psychometric properties, validity with munich chronotype questionnaire and age/sex differences in

- Poland [Abstract]. Elsevier Masson. Recuperado de <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0924-9338/PIIS0924933814000066.pdf>
- Jasper, H. (1958). The ten-twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 22, 497-507.
- Jongsma, M., Gerrits, N., Van Rijn, C., Quian Quiroga, R. & Maes, J. (2011). Event related potentials to digit learning: tracking neurophysiologic changes accompanying recall performance. *International Journal of Psychophysiology* 85, 41-48. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2011.10.004.
- Kaida, K., Takeda, J. & Tsusuki, K. (2012). The relationship between flow, sleepiness and cognitive performance: the effects of short afternoon nap and bright light exposure. *Industrial Health* 50, 189-196.
- Kalat, J. W (2010). *Psicología biológica* (10ma ed.) México: CENGAGE Learning.
- Kandel, E. R; Jesse, T. M. & Schwartz, J.H. (1997). *Neurociencia y conducta*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Kaufmann, C.; Wehrle, R.; Wetter, T.C.; Holsboer, F.; Auer, D.P.; Pollmächer, T. et al. (2006). Brain activation and hypothalamic functional connectivity during human non-rapid eye movement sleep: an EEG/fMRI study. *Brain*, 129, 655-667.
- Kelly, A.M., & Garavan, H. (2005). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15, 1089–1102.
- Knowlton, B.J. & Foerde, K. (2008). Neural representations of nondeclarative memories. *Association for Psychological Science*, 17 (2), 107-111.
- Kooi, K. (1975). *Fundamentos de Electroencefalografía* (1ra ed). Barcelona: Ediciones Toray, S.A.
- Kolb, B. & Whishaw, I. (2006). *Neuropsicología humana* (5ta ed.). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Kerlinger, F.N., & Lee, H.B. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-Hill.

- Kleider, H. M., Pezdek, K., Goldinger, S. D., & Kirk, A. (2008). Schema-driven source misattribution errors: remembering the expected from a witnessed event. *Applied Cognitive Psychology, 22*(1), 1-20. DOI:10.1002/acp.1361
- Klem, G. H.; Lüders, H. O.; Jasper, H.H. & Elger, C. (1999). The ten-twenty electrode system of the International Federation. Deuschl, G. & Eisen, A. (Eds.), *Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: guidelines of the International Federation of clinical physiology*. USA: Elsevier Science B.V.
- Krupa, A. (2009). The competitive nature of declarative and nondeclarative memory systems: converging evidence from animal and human brain studies. *The UCLA USJ 22*.
- Landmann, N., Kuhn, M., Piosczyk, H., Feige, B., Baglioni, C., Spiegelhalder, K., et al. (2014). The reorganisation of memory during sleep. *Sleep Medicine Reviews*. DOI:10.1016/j.smrv.2014.03.005
- Lau, H., Alger, S. & Fishbein, W. (2011). Relational memory: a daytime nap facilitates the abstraction of general concepts. *PLOS one 6*(11).
- Lombardo-Aburto, E.; Velázquez –Moctezuma, J.; Flores-Rojas, G.; Casillas-Vaillard, G.; Galván-López, A.; García-Valdés, P.; et al. (2011). Relación entre trastornos del sueño, rendimiento académico y obesidad en estudiantes de preparatoria. *Acta Pediátrica de México, 32*(3), 163-168.
- Maquet, P.; Péters, J-M., Aerts, J.; Delfiore, G.; Degueldre, C.; Luxen, A., et al. (1996). Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming. *Letters of nature, 12*, 163-166.
- Marosi Holczberger, E. (2011). El electroencefalograma: medición de la actividad eléctrica cerebral. Silva-Pereyra, J. (Ed.), *Métodos en neurociencias cognoscitivas* (pp. 26-40). México: El Manual Moderno.
- Mascetti, L.; Muto, V.; Matarazzo, L.; Foret, A.; Ziegler, E.; Albouy, G.; et al. (2013). The Impact of Visual Perceptual Learning on Sleep and Local Slow-Wave Initiation. *The Journal of Neuroscience, 33*(8), 3323–3331

- Massimini, M.; Ferrarelli, F.; Huber, R.; Esser, S. K.; & Singh, H. & Tononi, G. (2005). Breakdown of cortical effective connectivity during sleep. *Science*, 309, 2228-2232.
- Mednick, S., Nakayama, K. & Stickgold, R. (2003). Sleep-dependent learning: a nap is as good as night. *Nature Neuroscience*. Recuperado de <http://www.saramednick.com/htmls/pdfs/Mednick-NN03%5B8%5D.pdf>
- Millán, A., D'Aubeterre, M.E. & Calvanese, N. (2012). Propiedades psicométricas de la escala de preferencias vespertinidad/matutinidad en una muestra multiocupacional de trabajadores venezolanos. *Revista Cubana de Salud y Trabajo* 13(2) 37-49. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13\\_2\\_12/rst06212.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol13_2_12/rst06212.htm)
- Montes-Rodríguez, C. J.; Domínguez-Martín, E. A. & Próspero-García, O. (2008). Restauración neuronal o plasticidad sináptica a lo largo del ciclo del sueño-vigilia. *Rev Med UV*, 8(1), 71-77.
- Moreno, M. (1992). Comparación de potenciales evocados endógenos entre sujetos con autismo, retardo mental y normales. (Trabajo de maestría no publicado) Universidad Simón Bolívar.
- Moreno, M. (2012, Marzo). Métodos de exploración en neurofisiología. Artículo presentado en la práctica de Neurociencias II, Caracas, Venezuela.
- Morgado, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes. *Revisión de Neurociencias* 40(5), 289-297. Recuperado de <http://bloqs.xtec.cat/escolamargalloedu/files/2013/06/Apr-y-Mem-RN-20053.pdf>
- Moroni, F., Nobili, L., Curcio, G., De Carli, F., Tempesta, D., Marzano, C. et al., (2008). Procedural learning and sleep hippocampal low frequencies in humans [Abstract]. *Neuroimage*, 42(2), 911-8. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2008.05.027.
- Näätänen, R. (1990). The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function [Abstract]. *Behavioral and brain sciences*, 13(2), 201-233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X00078407>

- Navarro-Restrepo, C. E. (2006). *Neurocirugía para médicos generales*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Nguyen-Vu, T., Kimpo, R., Rinaldi, J., Kohli, A., Zeng, H., Deisseroth, K. et al. (2013). Cerebellar purkinje cell activity drives motor learning [Abstract]. *Nature of Neuroscience*, 16, 1734-1736. DOI: 10.1038/nn.3576.
- Orduña, I., Liu, E., Church, B., Eddins, A. & Mercado E. (2012). Evoked-potential changes following discrimination learning involving complex sounds. *Clinical Neurophysiology*, 123, 711-719. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.08.019.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. y Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representations in musicians. *Nature*, 392, 811-813.
- Petersen, S., Van Mier, H., Fiez, J. y Raichle, M. (1998). The effects of practice on the functional anatomy of task performance. *PNAS*, 95, 853-860.
- Pinel, J. (2007). *Biopsicología* (6ta ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Poldrack, R. (2000). Imaging brain plasticity: Conceptual and methodological issues - a theoretical review. *NeuroImage*, 12, 1-13. DOI: 10.1006/nimg.2000.0596.
- Polich, J. (2007). Undating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology* 118, 2128-2148. DOI: 10.1016/j.clinph.2007.04.019
- Puente, A., Jimenez, V. y Lorente, E. (En prensa). *Aprendizaje Cognitivo*. Materiales de enseñanza. Recuperado de: [http://eprints.ucm.es/cgi/search/simple?q=aprendizaje+cognitivo+puente&submit\\_button=Buscar&\\_action\\_search=Buscar&\\_order=bytitle&basic\\_srctype=ALL&\\_satisfyall=ALL](http://eprints.ucm.es/cgi/search/simple?q=aprendizaje+cognitivo+puente&submit_button=Buscar&_action_search=Buscar&_order=bytitle&basic_srctype=ALL&_satisfyall=ALL)
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Hall, W.C., Lamantia, A., Mcnamara, J.O, et al. (2007). *Neurociencia* (3ra ed.) Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Rodríguez Camacho, M.; Prieto, B. & Bernal, J., (2011). Potenciales relacionados con eventos (PRE): aspectos básicos y conceptuales.. Silva-Pereyra, J. (Ed.), *Métodos en neurociencias cognoscitivas* (pp. 41-67). México: El Manual Moderno.

- Roenneberg T, Wirz-Justice A, Mellow M. (2005). Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes. *Journal of biological rhythms* 18(1) 80-90 DOI: 10.1177/0748730402239679
- Román, F. & Sánchez, J.P. (1998). Cambios neuropsicológicos asociados al envejecimiento normal. *Anales de psicología*, 14, 27-43. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16714104>
- Rowan, A. J. & Tolunsky, E. (2004). *Conceptos básicos sobre EEG*. Madrid, España: Elsevier.
- Ruíz-Vargas, J.M. (1991). *Psicología de la memoria*. Madrid, España: Alianza.
- Schlaug, G. (2006). The brain of musicians [Abstract]. *Annals of the New York academy of sciences*, 930, 281-299. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb05739.x.
- Schmidt, C.; Peigneux, P.; Muto, V.; Schenkel, M.; Knoblauch, V.; Munch, M.; et al. (2006). Encoding difficulty promotes postlearning changes in sleep spindle activity during napping. *The Journal of Neuroscience*, 26(35), 8976 – 8982.
- Shadmehr, R. y Holcomb, H. (1997). Neural correlates of motor memory consolidation. *Science*, 277, 821-824. DOI: 10.1126/science.277.5327.821
- Silva, A., Yehia, H., Sato, M. y Callan, D. (2013). Brain activity underlying auditory perceptual learning during short period training: simultaneous fMRI and EEG recording. *BMC Neuroscience*, 14(8). DOI: <http://www.biomedcentral.com/1471-2202/14/8>
- Solís-Ortiz, S. & Corsi-Cabrera, M. (2008). Sustained attention is favored by progesterone during early luteal phase and visuo-spatial memory by estrogens during ovulatory phase in young women. *Science Direct* 33, 989-998.
- Squire, L.R. & Zola, S.M (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Colloquium Paper* 93, 13515–13522.
- Steidt, S., Mohi-uddin S. & Anderson, A. (2015). Effects of emotional arousal on multiple memory systems: evidence from declarative and procedural learning. *Learning & Memory* 13, 650-658.

- Stickgold, R. & Walker, M. (2013). Sleep-dependent memory triage: evolving generalization through selective processing. *Nature Neuroscience* 16(8), 139 – 145. Abstract recuperado de: <http://www.nature.com/neuro/journal/v16/n2/full/nn.3303.html>.
- Varela, M.; Ruíz, M.R. & Fortoul, T. (2005). *La memoria: definición, función y juego para la enseñanza de la medicina*. México: Editorial Medica Panamericana.
- Velayos, J.L. (2009). *Medicina del sueño: enfoque multidisciplinario*. España: Editorial Medica Panamericana.
- Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35(1), 205–11. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12123620>
- Wig, G.S., Grafton, S.T., Demos, K.E., & Kelley, W.M. (2005). Reductions in neural activity underlie behavioral components of repetition priming. *Nature Neuroscience*, 8, 1228–1233.
- Wilhelm, I.; Diekelmann, S.; Molzow I.; Ayoub, A.; Mölle, M; et al (2011). Sleep Selectively Enhances Memory Expected to be of Future Relevance. *The Journal of Neurosciencie* 31(5), 1563-1569.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **Escala de nivel socioeconómico de Graffar**

### **Escala de nivel socioeconómico de Graffar. (Méndez y Castellanos, 1986):**

**Indique con una "X" la profesión que corresponde al jefe de familia según las categorías indicadas a continuación:**

1. \_\_\_ Profesión universitaria o su equivalente. Se incluyen en este grupo empresarios o comerciantes de alto nivel
2. \_\_\_ Profesiones técnicas especializadas. Ejercicio profesional en alguna de las menciones del ciclo diversificado. Se incluyen profesionales de gerenciales medios.
3. \_\_\_ Empleado sin profesión universitaria o técnica definida. Se incluyen los pequeños comerciantes.
4. \_\_\_ Obreros especializados.
5. \_\_\_ Obreros no especializados.

**Marque con una "X" el nivel de instrucción de la madre, según las categorías indicadas a continuación:**

1. \_\_\_ Instrucción universitaria o su equivalente
2. \_\_\_ Instrucción secundaria completa (bachillerato y escuelas técnicas)
3. \_\_\_ Instrucción secundaria incompleta
4. \_\_\_ Instrucción primaria completa/incompleta
5. \_\_\_ Analfabeta

**Indique con una "X" cuál es la fuente de ingreso de la familia**

1. \_\_\_ Resultado de la inversión en empresas; entidades financieras, negocios o fortuna heredada o adquirida
2. \_\_\_ Los ingresos consisten en honorarios profesionales, ganancias o beneficios.
3. \_\_\_ Los ingresos consisten en un sueldo, es decir, una remuneración calculada sobre una base mensual o anual, generalmente pagada mensual o quincenalmente.
4. \_\_\_ El ingreso consiste en el salario fijo, es decir, en una remuneración calculada por semana o por día.
5. \_\_\_ El ingreso viene de la ejecución de trabajos ocasionales, la relación de tareas a destajo o donaciones de origen público o privado.

**Indique con una "X" cuáles son las condiciones de vivienda de su familia**

1. \_\_\_ Una casa o un apartamento muy lujoso, que ofrece las máximas comodidades
2. \_\_\_ Un alojamiento de categoría intermedia, que sin querer ser tan lujoso como el de la categoría anterior es espacioso, muy cómodo y en óptimas condiciones.
3. \_\_\_ Un alojamiento con buenas condiciones sanitarias, en espacio reducido, es decir, una casa o apartamento modesto.
4. \_\_\_ Vivienda con ambientes espaciosos o reducidos con deficiencias en algunas condiciones sanitarias.
5. \_\_\_ Rancho o vivienda con condiciones sanitarias muy deficientes.

## **ANEXO B**

### **Cuestionario de sueño del hospital St. Mary**

**CUESTIONARIO DE PACIENTE NUEVO –CENTRO DE TRASTORNOS DE SUEÑO ST. MARY’S****PARTE 1. INFORMACIÓN DEL PACIENTE**

Nombre \_\_\_\_\_ Número de Seguro Social \_\_\_\_\_  
 Teléf. Casa \_\_\_\_\_ Teléf. Trabajo \_\_\_\_\_  
 Fecha Nacimiento \_\_\_\_\_ Fecha Actual \_\_\_\_\_

**PARTE 2. QUEJA ACTUAL**

Si tiene algún problema de sueño o vigilia ¿Cuál es? ¿Cuánto tiempo lleva?

Si alguna vez ha estado en un estudio o examen de sueño, por favor indique cuándo y dónde.

**PARTE 3. SOMNOLENCIA DIURNA**

¿Cómo calificaría su sueño durante el día? Nada      Un poco      Moderado      Severo

¿A qué hora del día le da más sueño?

Si se siente excesivamente somnoliento o fatigado ¿por cuánto tiempo se ha sentido así? ¿Sabe por qué le pasa esto?

<b>Se duerme o siente sueño en alguna de estas situaciones</b>	<b>Nunca</b>	<b>A</b>	<b>Frecuente</b>	<b>Siempr</b>
Manejar	1	2	3	4
Trabajo	1	2	3	4
Ver TV/Leer	1	2	3	4
Deportes/iglesia/socialización/universidad?	1	2	3	4
¿Toma siestas intencionales?	1	2	3	4

PARTE 4. RUTINA DE SUEÑO

¿A qué hora se duerme los días de semana? \_\_\_\_\_ ¿Fines de semana? \_\_\_\_\_

¿Cuánto tiempo le toma dormir? \_\_\_\_\_

¿Tiene problemas para quedarse dormido? \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia se despierta en la noche? \_\_\_\_\_

¿Qué lo provoca? \_\_\_\_\_ ¿Cuánto permanece despierto? \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia se levanta a orinar en la noche? \_\_\_\_\_

¿A qué hora se despierta los fines de semana? \_\_\_\_\_ ¿Fines de semana? \_\_\_\_\_

¿Cuántas horas de sueño mantiene por las noches? \_\_\_\_\_

¿Duerme solo frecuentemente? \_\_\_\_\_

¿Cómo se siente cuando se levanta? \_\_\_\_\_

Cuando se relaja en la noche o intenta dormir ¿ha sentido dolor o incomodidad en las piernas que pueda ser aliviado caminando o moviéndolas? Sí No

PARTE 5. EVENTOS DE SUEÑO

<b>Mientras duerme, usted:</b>	<b>Nunca</b>	<b>A veces</b>	<b>Frecuente</b>	<b>Siempre</b>
¿Ronca?	1	2	3	4
¿Deja de respirar?	1	2	3	4
¿Se ahoga?	1	2	3	4
¿Chasquea los dientes?	1	2	3	4
¿Tiene espasmos?	1	2	3	4
¿Mueve brazos o piernas?	1	2	3	4
¿Tiene acidez o dolor en el pecho?	1	2	3	4
¿Tiene pesadillas?	1	2	3	4
¿Duerme en posiciones inusuales?	1	2	3	4
¿Despierta con dolor de garganta?	1	2	3	4
¿Despierta con la boca seca?	1	2	3	4

PARTE 6. PARASOMNIAS

¿Algunas veces se despierta sintiendo que está paralizado?

¿Alguna vez ha alucinado con luces o sonidos mientras se duerme como si sus sueños comenzaran antes de que esté completamente dormido?

¿Camina, habla o se queja dormido?

¿Tiene alguna conducta inusual mientras duerme?

¿Tiene ataques breves de debilidad muscular?

#### PARTE 7. HIGIENE DE SUEÑO

¿Toma brebajes con cafeína (café, té, cola, etc.) o pastillas con cafeína? De ser así ¿cuánto y a qué hora del día?

¿Cuánto chocolate come o toma en el día promedio?

¿Hace ejercicio rutinario? De ser así ¿a qué hora del día?

¿Hace algo que le provoque estrés o ansiedad antes de ir a dormir?

¿Hay algo en su habitación que no le permita dormir? Temperatura, ruido, luces, etc.

¿Cuántas siesta toma a la semana?

¿Fuma o usa tabaco de alguna manera? De ser así ¿cuántas veces al día? Si dejó de fumar ¿hace cuánto fue?

How much alcohol do you drink per day or per week? If you quit, when was it?

¿Consume marihuana\_\_\_\_, cocaína\_\_\_\_, alucinógenos (LSD, mescalina, papel)\_\_\_\_, estimulantes (metanfetaminas)\_\_\_\_, narcóticos (heroína, morfina)\_\_\_\_, otras\_\_\_\_\_.

De ser así ¿cuánto?

PARTE 8. MEDICACIÓN

Por favor, liste las medicaciones, vitaminas o suplementos que está tomando actualmente, junto a la dosis.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

PART 9. ALERGIAS: De no tener, por favor dígalos.

---

PARTE 10. OPERACIONES:

---

---

---

PARTE 11. ENFERMEDAD Y LESIONES:

Por favor, indique si presenta alguna condición médica o lesión seria:

---

---

---

---

PARTE 12. HISTORIA FAMILIAR

Por favor, liste condiciones médicas que presenten sus familiares y qué relación presenta con usted.

¿Algún problema de sueño en su familia?

PARTE 13. SISTEMAS:

¿Tiene problemas relacionados con?:

Respirar\_\_\_\_; Dolores de cabeza \_\_\_\_; Acidez \_\_\_\_; Ansiedad \_\_\_\_; Depresión \_\_\_\_; Dolores \_\_\_\_; Pérdida de apetito o potencia sexual \_\_\_\_; Dificultad en la concentración \_\_\_\_; Dificultades de memoria \_\_\_\_; Irritabilidad \_\_\_\_;

¿Ha Ganado o perdido peso en los últimos años? \_\_\_\_\_.

¿Con qué frecuencia sueña? \_\_\_\_\_.

PARTE 14. HISTORIA SOCIAL

¿Ocupación? \_\_\_\_\_. ¿Estado marital? \_\_\_\_\_.

PARTE 15. INFORMACIÓN ADICIONAL

En las últimas dos semanas ¿se ha sentido con falta de ánimos o sin esperanza?

En las últimas dos semanas ¿ha sentido falta de interés o placer en las cosas que hace?

¿Hay alguna otra cosa que cree que sea importante saber de su sueño o vigilia, o su salud en general?

## **ANEXO C**

### **Cuestionario de los cronotipos de Munich**

## Cuestionario de Munich. Datos personales

Fecha	
Nombre	<input type="text"/>
Email	<input type="text"/>
Edad	<input type="text"/>
Sexo	<input checked="" type="radio"/> femenino <input checked="" type="radio"/> masculino
Altura	<input type="text"/> cm
Peso	<input type="text"/> kg

## Detalles del (lugar de) trabajo

Tengo un horario de trabajo fijo (incluyendo la dedicación a las tareas del hogar):

Sí  No

Si la respuesta es afirmativa, cuantos días a la semana?

## Días laborales

Me acuesto a las  :  horas.

¡Tenga en cuenta que algunas personas permanecen despiertas algún tiempo cuando están en la cama!

En realidad estoy listo/a para dormirme a las  :  horas.

Necesito  minutos para conciliar el sueño.

Me despierto a las  :  horas.,

con despertador

- sin despertador

Me levanto después de  minutos.

## Días no-laborables

Me acuesto a las  :  horas.

¡Tenga en cuenta que algunas personas permanecen despiertas algún tiempo cuando están en la cama!

En realidad estoy listo/a para dormirme a las  :  horas.

Necesito  minutos para conciliar el sueño.

Me despierto a las  :  horas.

- con despertador

- sin despertador

Me levanto después de  minutos.

## Tiempo dedicado al aire libre

El tiempo promedio que paso al aire libre durante el día es (en un lugar sin techo):

En los días laborables  horas  minutos

En los días libres  horas  minutos

## Detalles del (lugar de) trabajo

En los últimos 3 meses, trabajé como trabajador por turnos:

- Sí
- No

Mi horario habitual de trabajo

empieza a la(s)  :  horas.

Mi horario habitual de trabajo

termina a la(s)  :  horas.

Mis horarios de trabajo son:

- muy flexibles
- un poco flexibles
- no muy flexibles
- nada flexibles

Me traslado al trabajo:

- Dentro de un vehículo (por ejemplo auto, autobús, metro).
- No dentro de un vehículo (por ejemplo a pie, en bicicleta).
- Trabajo en casa.

Para llegar al trabajo necesito

minutos.

Para regresar del trabajo necesito

minutos.

## Estimulantes

Fumo ... cigarrillos **al día:**

Bebo ... vasos de cerveza **al día:**

Bebo ... copas de vino **al día:**

Bebo ... vasos de licor/whisky/ginebra, etc. **al día:**

Bebo ... tazas de café **al día:**

Bebo ... tazas de té negro **al día:**

Bebo ... bebidas con cafeína (refrescos) **al día:**

Tomo medicación para dormir ... veces **a la semana:**

## **ANEXO D**

**Base de datos cualitativa para la toma de decisión  
del componente**

PRE																			
SIESTA																			
Ss	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4	P4	N5	P5	N6	P6	N7	P7	N8	P8	N9	P9	Total Ss
S1	9	8	5	6	12	9	9	9	5	7	8	11	5	3	8	7	8	9	138
S2	4	9	5	6	9	10	6	7	3	6	4	7	8	4	8	8	0	1	105
S3	8	9	3	9	9	7	10	11	5	8	9	8	10	8	12	8	9	9	152
S4	10	9	8	9	3	9	8	9	3	6	9	7	9	10	10	11	7	10	147
S5	7	8	5	5	2	3	5	7	5	4	6	6	7	8	2	3	5	9	97
S6	1	7	3	9	8	6	5	2	8	8	2	7	4	9	9	5	8	2	103
S7	8	9	7	3	8	6	5	10	3	7	6	9	5	3	9	6	6	8	118
S8	13	5	7	0	13	8	1	7	7	9	12	8	10	0	15	11	4	11	141
S9	2	11	9	4	10	11	3	5	13	12	12	11	13	9	12	11	7	12	167
Total	62	75	52	51	74	69	52	67	52	67	68	74	71	54	85	70	54	71	1168

POST																			
SIESTA																			
Ss	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4	P4	N5	P5	N6	P6	N7	P7	N8	P8	N9	P9	Total Ss
S1	6	4	3	3	5	6	7	4	3	1	8	6	4	3	7	6	7	7	90
S2	5	5	2	4	0	7	9	7	0	0	8	7	3	6	4	11	7	5	90
S3	7	8	5	7	5	3	9	7	7	8	4	3	7	7	3	5	5	6	106
S4	2	8	5	0	1	1	9	8	3	7	1	5	4	1	2	3	9	7	76
S5	9	7	5	8	3	5	4	5	5	8	4	5	2	3	7	8	5	12	105
S6	1	1	7	6	2	3	3	5	5	4	4	1	7	5	1	4	6	8	73
S7	7	9	9	9	11	12	4	6	12	11	10	10	8	9	12	13	6	7	165
S8	12	10	10	6	9	10	6	8	9	11	11	8	13	6	11	13	5	10	168
S9	1	6	5	10	7	9	7	4	9	8	9	13	4	10	2	5	7	2	118
Total	50	58	51	53	43	56	58	54	53	58	59	58	52	50	49	68	57	64	991

PRE																			
NO SIESTA																			
Ss	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4	P4	N5	P5	N6	P6	N7	P7	N8	P8	N9	P9	Total Ss
S1 (Carlos)	3	4	6	7	7	8	10	8	8	6	10	10	5	6	8	9	12	10	137
S2 (Maikel)	6	5	10	11	12	5	7	2	10	9	7	9	11	8	9	8	6	4	139
S3 (Sarli)	5	2	5	3	7	6	2	2	4	6	7	2	6	3	6	7	6	4	82
S4 (José I)	8	5	5	5	4	6	7	6	8	6	6	5	5	7	4	7	10	5	108
S5 (Eizaga)	5	4	11	4	5	5	4	2	7	8	11	5	5	6	9	8	7	4	110
S6 (Oliver)	9	10	5	3	10	7	5	3	5	1	7	4	5	4	6	4	6	4	95
S7 (Félix)	9	9	9	4	8	2	9	4	3	3	7	3	8	4	8	5	9	5	109
S8 (Victor)	13	8	8	12	8	7	13	13	12	5	13	7	11	13	8	8	13	14	186
S9 (Simón)	9	9	5	4	4	8	11	5	9	5	9	12	6	6	6	8	11	6	132
Total	67	56	64	53	65	54	68	45	66	49	77	57	62	57	64	64	80	56	1098

POST																			
NO SIESTA																			
Ss	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4	P4	N5	P5	N6	P6	N7	P7	N8	P8	N9	P9	Total Ss
S1	9	7	6	4	8	12	4	6	10	8	10	6	4	6	9	13	7	5	134
S2	6	6	9	6	10	6	5	5	7	7	10	8	8	4	9	5	9	9	129
S3	8	4	10	1	7	7	7	10	8	5	7	4	9	8	8	6	4	3	116
S4	1	4	1	2	11	6	7	3	7	8	6	2	2	2	9	6	9	6	92
S5	8	4	3	2	8	4	4	6	5	2	8	7	5	4	10	5	8	6	99
S6	6	7	8	6	4	5	6	2	7	7	5	4	9	8	10	6	9	6	115
S7	10	11	10	6	13	4	5	7	3	2	13	9	1	1	11	1	7	10	124
S8	4	4	11	6	9	8	8	7	7	7	9	9	12	7	10	7	8	8	141
S9 (Simón)	15	12	8	10	10	11	14	12	14	10	15	10	12	13	15	11	15	13	220
Total	67	59	66	43	80	63	60	58	68	56	83	59	62	53	91	60	76	66	1170

## **ANEXO E**

### **Base de datos cualitativa del componente N800**





**ANEXO F**  
**Husos del sueño observados en el programa de**  
**NeuroSpectrum**

