



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

**Correlatos electroencefalográficos de la memoria
explícita e implícita utilizando fragmentos y raíces de
palabras**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
Doctor en Ciencias Biomédicas

PRESENTA:

Lic. Héctor de Jesús Cervantes Méndez

Director de tesis:

Dra. Dora Elizabeth Granados Ramos

Xalapa, Ver.

Enero, 2018

Becario CONACYT No. 300257

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Dr. Dora Elizabeth Granados Ramos en el laboratorio de psicobiología. Además del recurso del programa de becas para estudios de posgrado otorgado por el CONACYT No. de Becario 300257

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	8
2. INTRODUCCIÓN.....	10
3. ANTECEDENTES.....	11
3.1 La memoria humana.....	11
3.2 Enfoques teóricos de la memoria.....	14
3.3 La memoria explícita.....	22
3.4 Bases neurales de la memoria explícita.....	25
3.5 La memoria implícita.....	27
3.6 Bases neurales de la memoria implícita.....	32
3.7 Tareas indirectas de la memoria.....	33
3.8 El electroencefalograma.....	37
3.9 Bases neurofisiológicas del EEG.....	38
3.10 Los potenciales relacionados a eventos.....	43
3.10.1 Adquisición y análisis de los ERP.....	45
3.10.2 ERP y la memoria.....	46
3.11 Análisis espectral del EEG.....	47
3.11.1 Análisis de Tiempo Frecuencia del EEG.....	49
3.11.2 Estudios espectrales relacionados con la memoria.....	50
4. JUSTIFICACIÓN.....	53
5. HIPÓTESIS.....	54
6. OBJETIVOS.....	55
7. METODOLOGÍA.....	56
8. RESULTADOS.....	70
9. DISCUSIÓN.....	88
10. CONCLUSIONES.....	101
11. BIBLIOGRAFÍA.....	102
12. ANEXOS.....	I
ANEXO 1: LISTAS DE ESTÍMULOS.....	I
ANEXO II: FRAGMENTOS Y RAÍCES.....	III
ANEXO III: METODOLOGÍA SUPLEMENTARIA.....	IX
ANEXO IV: RESULTADOS SUPLEMENTARIOS.....	XVI
ANEXO V: ARTICULO PUBLICADO.....	XXIII

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencias entre la memoria explícita e implícita,.....	18
Tabla 2 Correlaciones entre los valores del modelo de características y el promedio de respuestas correctas emitidas por los sujetos.	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo multialmacén de memoria propuesto por Atkinson y Shiffrin	13
Figura 2. Tipos de memoria y las estructuras cerebrales relacionadas.....	17
Figura 3. Esquema del complejo hipocampal.....	19
Figura 4. Esquema del encuadre TAP.....	21
Figura 5. Representación gráfica del índice d'.....	25
Figura 6. Distribución de electrodos según el sistema internacional 10-20.....	38
Figura 7. Simulación de actividad oscilatoria en V1 y actividad registrada por el EEG.....	42
Figura 8. Esquema General del procedimiento para la adquisición de datos.....	52
Figura 9. Esquema del Periodo de codificación.....	60
Figura 10. Tareas realizadas por el sujeto durante el EEG clínico.....	62
Figura 11. Esquema del Periodo de Recuperación.....	65
Figura 12. Esquema de división de estímulos.....	66
Figura 13. Diferencias entre tipo de clave por respuesta conductual.....	71
Figura 14. ERP durante la codificación de 28 sujetos en la derivación Fz.....	73
Figura 15. ERP durante la codificación de 28 sujetos de las tres condiciones en el electrodo Cz.....	74
Figura 16. ERP durante la codificación de 28 sujetos en la derivación Pz.....	75
Figura 17. SME de la memoria explícita.....	76
Figura 18. Resultados significativos de 28 participantes del análisis de clusters para palabras subsecuentemente recordadas.....	77
Figura 19. SME de la memoria implícita en POZ.....	78
Figura 20. Resultados significativos mostrado por análisis de clusters para la memoria implícita.....	79
Figura 21. SME de la memoria implícita por fragmentos y raíces en POZ.....	80
Figura 22. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Fz.....	81
Figura 23. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Cz.....	82

Figura 24. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Pz.....	83
Figura 25. ERP durante la recuperación de la memoria implícita de 33 sujetos en las derivaciones Fz, Cz y Pz.....	84
Figura 26. Análisis tiempo frecuencia durante la recuperación de la memoria explícita en POZ.....	85
Figura 27. Análisis tiempo frecuencia durante la recuperación de la memoria implícita en POZ.....	86
Figura 28. Análisis tiempo frecuencia de la recuperación de la memoria implícita separada por fragmentos y raíces en POZ.....	87

ABREVIATURAS

EEG - Electroencefalograma

ERD - Desincronización relacionada a evento

ERP - Potencial relacionado a evento

ERS - Sincronización relacionada a evento

fMRI - Resonancia Magnética funcional

LFP - Potencial de campo local

MEG - Magnetoencefalograma

SME - Efecto de memoria subsecuente

TAP - Procesamiento apropiado para la transferencia

TF - Análisis de tiempo-frecuencia

tACS - Estimulación magnética transcraneal de corriente alterna

1. RESUMEN

Entender la memoria humana y sus sustratos neurales ha sido un propósito clave de las ciencias cognitivas, incluyendo el estudio de la memoria explícita e implícita. A pesar de que ha existido mucho progreso al respecto, varias dudas permanecen, incluyendo cuales son los sistemas neurales involucrados en cada tipo de memoria. Por otra parte, se ha mencionado la importancia del procesamiento en ambos tipos de memoria, aunque en estudios neurofisiológicos no suele tomarse en cuenta. En este estudio se exploraron los correlatos neurales de la memoria explícita e implícita con dos tipos de tareas: completar fragmentos y raíces. Predecimos diferencias conductuales y neurales entre la memoria explícita e implícita, independientemente de la tarea utilizada. Participaron 46 sujetos universitarios en una tarea de memoria simultánea al registro del EEG. Esta tarea consistió en una fase de codificación y de recuperación. En el periodo de codificación, se presentaban palabras separadas en las cuales el sujeto debía contar el número de sílabas. En el periodo de recuperación se presentaron dos tipos de estímulos correspondiente a tareas distintas, fragmentos o raíces de palabras que sujeto debía completar y clasificar como antiguas o nuevas. Se analizó la actividad de EEG para la memoria explícita e implícita mediante la obtención de potenciales relacionados a eventos y el análisis de tiempo frecuencia. Los resultados mostraron el efecto priming a nivel conductual; se observó incremento en la potencia teta para la memoria explícita acompañado de incremento en el voltaje del ERP mientras se encontró disminución de la potencia de alfa para la memoria implícita. Sin embargo, se observó incremento en teta para las raíces, independientemente del tipo de memoria. Estos resultados sugieren que la tarea de completar fragmentos y raíces involucran un procesamiento distinto en donde la tarea de completar fragmentos requiere de información contextual para su ejecución eficiente, lo que se ve reflejado en los correlatos neurales encontrados y resaltan la importancia de considerar la relación entre la codificación y recuperación al interpretar los correlatos neurales de la memoria.

ABSTRACT

Understanding human memory and its neural substrates has been a key purpose in cognitive science, including the study of explicit and implicit memory. Despite much progress having been made, various unknowns remain, including the neural systems involved in each type of memory. On the other hand, the importance of processing demands has been shown for both types of memory, although neurophysiological studies seldom take these into account. In this study, the neural correlates of explicit and implicit memory were explored using two types of tasks. We predicted behavioral and neural differences between explicit and implicit memory, regardless of the task used. 46 university level subjects participated in a memory task while EEG was being registered. The task consisted of an encoding and a retrieval period. In the encoding period, subjects were presented with words and instructed to count the number of syllables. In the retrieval period, subjects completed word fragments and word stems, corresponding to two different tasks. Subsequently, they classified words into old-new categories. Subjects' EEG was analyzed for explicit and implicit memory by obtaining event related potentials (ERP) and by using time-frequency analysis. Results showed a priming effect at the behavioral level and a theta power increase was found for explicit memory accompanied by an increase in late ERP peak amplitude while an alpha power decrease was found in occipital regions for implicit memory. However, a theta power increase was observed for word stems, regardless of the memory system it corresponded to. These results suggest that word stems and word fragment tasks involve different processing, whereby word fragment completion relies upon contextual information, which is reflected on its neural correlates. This highlights the importance of considering the relationship between encoding and retrieval demands when interpreting the neural correlates of memory.

2. INTRODUCCIÓN

Expertos en diversas disciplinas han contribuido en el desarrollo de diversos modelos y teorías que explican la memoria humana, incluyendo la teoría de transferencia adecuada de procesamiento, y modelos que consideran la existencia de diferentes sistemas que procesan información específica, incluyendo una división entre memoria explícita e implícita. Desafortunadamente, técnicas puramente conductuales no han otorgado suficiente evidencia para describir el priming y poder seleccionar un modelo entre otro, por lo cual la evidencia neurofisiológica se ha convertido en algo complementario. La capacidad de registrar y cuantificar la actividad eléctrica cerebral durante un estado o proceso cognitivo y compararla con la actividad relacionada con otro proceso ha sido esencial para la psicología moderna. No obstante, se han utilizado herramientas como el electroencefalograma, para observar la actividad cerebral relacionada con la memoria explícita y la memoria implícita. Esta investigación utilizó el electroencefalograma para cuantificar la actividad eléctrica cerebral durante el procesamiento de memoria explícita e implícita, con el propósito de comparar y diferenciar ambos sistemas a nivel cerebral tanto en la codificación, como en la recuperación.

3. ANTECEDENTES

La memoria es uno de los procesos cognitivos más estudiados en la psicología moderna, debido a la importancia que tiene en la vida cotidiana. Nuestras experiencias y nuestra misma personalidad parecen ser definidas por el proceso del aprendizaje y por los efectos que éste produce. Ha sido de gran interés para aquellos que estudian la cognición, especialmente en humanos, estudiar sobre la memoria no solo el proceso de retención, sino el proceso del olvido, y las leyes que rigen a éste (Foster, 2009).

El fenómeno de memoria también ha sido de gran interés para biólogos, filósofos, ingenieros, y científicos de otras disciplinas, de tal manera que el estudio de la memoria pertenece al estudio de las ciencias cognitivas multidisciplinarias que buscan comprender y explicar los procesos cognitivos utilizando las fortalezas de cada disciplina para complementar las debilidades de las otras. Gracias a estos esfuerzos multidisciplinarios, se ha podido entender a grandes rasgos la manera en que los seres humanos codificamos, retenemos, y recuperamos la información de nuestro ambiente.

La memoria humana es un fenómeno que no se ha logrado comprender en su totalidad debido a la complejidad de los procesos involucrados en ella. Dudai et al., (2006) resumen que los conceptos y definiciones son tan heterogéneos como las disciplinas que los utilizan. Más aún, la relación entre memoria y otros procesos cognitivos incluyendo atención y percepción ha sido elusiva, así como su relación con fenómenos afectivos.

3.1 La memoria humana

La definición de memoria depende de la perspectiva teórica y el uso del término para resolver diversos problemas. Una definición comúnmente empleada es el almacenamiento de una conducta aprendida y los cambios estructurales y conductuales producidos (Sweatt, 2010; Thompson y Madigan, 2013). Esta definición, sin embargo, no encapsula el uso de la información retenida, y como remarca Niesser (1967) la memoria es información que continuamente se transforma y reconstruye.

Haciendo alusión al procesamiento de la información realizado por las computadoras, comúnmente empleado en la tradición de la psicología cognitiva, se puede considerar que cualquier sistema de memoria, biológico o artificial, necesita tener la capacidad de

recibir, guardar y utilizar la información almacenada del ambiente. La memoria se conceptualiza como el proceso de codificar, almacenar, y recuperar información de un sistema (Tulving, 2000). La codificación involucra la capacidad de recibir y representar información, típicamente de corte sensorial en paradigmas experimentales, el almacenamiento retiene esa información por un determinado tiempo en el cual se consolidan cambios en el sistema nervioso, y la recuperación otorga acceso y reconstruye esa información. Si alguna de estas características falla, el propósito de la memoria se ve afectado (Foster, 2009). Lo más importante de esta definición de la memoria radica en que se refiere a un sistema activo, cuya información depende de condiciones contextuales a diferentes momentos en el tiempo.

Las características tanto cualitativas como cuantitativas de la memoria permiten elucidar la existencia de diversos tipos y categorías, diferencias descritas hace más de un siglo por Ebbinghaus (1885) entre otros autores. James (1890), por ejemplo, remarcó la diferencia entre la memoria primaria y secundaria, términos que ahora se conocen como memoria a corto y a largo plazo respectivamente. Para James, la memoria primaria contenía información activada más allá de la presentación de un estímulo, mientras la información potencialmente accesible pero inactivada conformaba la memoria secundaria.

Un modelo subsecuente de memoria fue propuesto por Atkinson y Shiffrin (1968), hoy en día conocido como el modelo modal, que contiene tres tipos de almacenes diferentes por los cuales pasa información de manera secuencial (Figura 1).

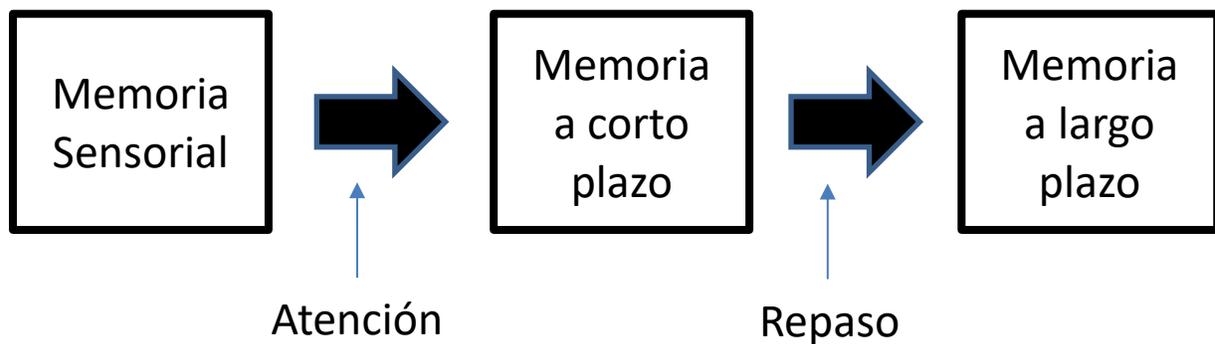


Figura 1. Modelo multialmacén de memoria propuesto por Atkinson y Shiffrin (1968). Basado en los modelos de Broadbent (1958) y los conceptos de memoria secundaria de James (1890), el modelo describe el transcurso de la información al paso de tiempo mediante almacenes. La atención y el continuo repaso definen la información que pasará al siguiente almacén.

De acuerdo con el modelo modal, la memoria sensorial permite almacenar información obtenida de las vías sensoriales, proveniente del ambiente, por sólo unos milisegundos. Si el sujeto muestra suficiente atención a los estímulos sensoriales, pasa a ser memoria de corto plazo. En contraste, Craik y Lockhart (1972) desarrollaron el encuadre de niveles de procesamiento. Los niveles de procesamiento se refieren a un espectro entre el procesamiento superficial y el procesamiento profundo, en donde se analizan las características sensoriales y semánticas de las palabras respectivamente. En su estudio fundamental, los autores presentaron palabras a sujetos y manipularon las características a las que se les prestaba atención, ya sea al contenido semántico de las palabras o a las características gráficas del mismo. Craik y Lockhart encontraron que los estímulos codificados de manera superficial tendían a ser recordados con mayor facilidad independientemente del tiempo que pasaba entre la presentación de la palabra y su evaluación.

Bajo esta perspectiva alterna, los autores hacen énfasis en la manera cualitativa en que se analiza la información sensorial en lugar del almacén en el que se encuentra. Dicha perspectiva, por ejemplo, predice que la permanencia de un trazo no depende del almacén en el cual se encuentra, sino si el trazo corresponde a información relevante y con significado para el sujeto y si fue procesada de esta manera. Como posteriormente comentan, este modelo no intenta eliminar el concepto de memoria a largo y a corto

plazo (Lockhart y Craik, 1990), sino más bien pone énfasis en los procesos activos involucrados para crear un trazo de memoria durable. Nelson (1979) describe tres supuestos de su modelo denominado perceptual-semántico pero que también aplican a la concepción original de Craik y Lockhart: La primacía y antecendencia temporal del procesamiento superficial ante el procesamiento profundo, de tal manera que el procesamiento superficial o perceptual disminuya el procesamiento semántico posterior, un punto contra el que argumentó Treisman (1979) al mencionar la naturaleza no lineal de la información a lo largo del sistema nervioso central; la capacidad del individuo de modular su atención hacia uno u otro tipo de procesamiento, superficial o profundo en el encuadre de niveles de procesamiento y perceptual o semántico en el propuesto por Nelson (1979), delimita las características del trazo almacenado; Una interacción entre la información codificada y la información recuperada. Este punto no fue conceptualizado inicialmente por Craik y Lockhart pero fue expandido posteriormente con el concepto del procesamiento apropiado para la transferencia.

3.2 Enfoques teóricos de la memoria

El estudio de la memoria se ha beneficiado de los diferentes aportes de disciplinas científicas. Un resumen de los aportes de cada una va más allá del alcance de esta tesis, pero se considera en la actualidad que estudios conductuales y estudios neurofisiológicos son esenciales. Ambos tipos de estudios no son mutuamente excluyentes, pero reflejan tradiciones diferentes. En la psicología moderna los estudios conductuales tienen tradición de investigadores de la memoria como Ebbinghaus (1885) y James (1890), cuyas ideas permanecen influyentes en los estudios actuales.

El estudio empírico y sistemático de la conducta relacionada a la memoria humana tradicionalmente comienza con el trabajo de Ebbinghaus (1885), quien deseaba encontrar las leyes y patrones que gobernaban una recuperación exitosa de información estudiada. Ebbinghaus diseñó un protocolo que permitía medir, según los criterios propuestos, el número de ensayos necesarios para aprender una serie de estímulos y el efecto facilitador de la previa exposición a los estímulos.

En la actualidad el enfoque conductual de la memoria con mayor trayectoria es el de sistemas múltiples. Kahana (2012) describe la formación de clases o tipos de memoria con base en diferentes componentes neurales y conductuales como la meta del

encuadre de los sistemas múltiples. El ideal de este encuadre es un mapeo entre las estructuras neurales y los procesos involucrados en la memoria. Diversos estudios clínicos, en especial del caso del paciente HM (Scoville y Milner, 1957), impulsaron a la ciencia de la memoria hacia esta dirección al demostrar que ciertas áreas corticales y subcorticales eran esenciales para la memoria. El caso del paciente HM demostró que existen áreas cerebrales discretas que al lesionarse producen efectos consistentes y déficits específicos en la memoria humana (Kivisaari et al., 2013).

Bajo el encuadre de sistemas múltiples la memoria a largo plazo es un almacén hipotético en el cual la información almacenada permanece indefinidamente y cuya capacidad no tiene límite (Matsumoto, 2009). Dentro de la memoria a largo plazo, se ha propuesto que existen sistemas de memoria discretos y funcionalmente ortogonales entre sí (Surprenant y Neath, 2009). Manipulaciones experimentales y observaciones en pacientes con diversas lesiones parecen confirmar la existencia de diversos sistemas especializados para procesar información (Whittlesea, 2003), aunque una limitante radica en la ausencia de un consenso sobre el número de sistemas. Ciertamente diferentes propuestas han sido expuestas, y no son mutuamente excluyentes.

Graf y Schacter (1985) dividen a la memoria humana a largo plazo en memoria explícita y memoria implícita, basados en evidencia proporcionada por pacientes amnésicos. La memoria explícita, también denominada memoria declarativa, se subdivide en la memoria episódica y semántica, que incluye aspectos relacionados con eventos y hechos que pueden ser descritos verbalmente, así como los aspectos subjetivos de la información recordada (Figura 2). Esta memoria se procesa de manera consciente, y es acompañada por un contexto de tipo subjetivo. El sistema de memoria implícita incluye memorias que tienen efecto en la conducta sin que el sujeto tenga la capacidad de verbalizarlas, y comprende varios tipos de aprendizaje como son el aprendizaje no asociativo, el priming, el condicionamiento clásico y el aprendizaje procedimental (Goldstein, 2008; Sweatt, 2009; Para un resumen véase Eichenbaum y Cohen, 2001). El aprendizaje no asociativo incluye la sensibilización y la habituación, y se caracteriza por un incremento o decremento, respectivamente, de las respuestas reflejas que no depende de una asociación entre eventos (Kandel, 2013). En contraste, el priming se refiere a la facilitación de un estímulo en el procesamiento subsecuente del mismo

estímulo, o un estímulo que sea semánticamente o lexicalmente similar (Goldstein, 2008; Tulving, Schacter, y Stark, 1982).

Es importante notar que la división implícita/explicita inicialmente se creó para describir la intencionalidad de la recuperación de la información (Schacter y Buckner, 1998). De esta manera, la memoria explícita describe una intención por parte del sujeto para recuperar algo, mientras la memoria implícita hace referencia a información recuperada sin una intención o sin conocimiento por parte del sujeto. Subsecuentemente el término ha evolucionado para incluir la recuperación sin el conocimiento explícito (Duka et al., 2001). Esto ha traído una confusión de conceptos como precisa Tulving (2000), quien argumenta que dos visiones de la memoria implícita, similares, pero mutuamente excluyentes, se han desarrollado a la par. La primera conceptualiza la característica principal de la memoria implícita como el conocimiento de cierta información sin conocimiento de un evento específico (episódico), incluso en la ausencia de un estímulo previo. Cualquier acceso al conocimiento general caería dentro de esta definición, porque el sujeto usa información previa sin hacer un esfuerzo para acceder un episodio previo. Incluso la memoria semántica generalmente carece de una recuperación de uno o más episodios en la que se codificó inicialmente (Surprenant y Neath, 2009). La segunda, que se utiliza en esta tesis, asume que la memoria implícita es la recuperación de información sobre material previamente estudiado sin que el sujeto sea consciente de este evento.

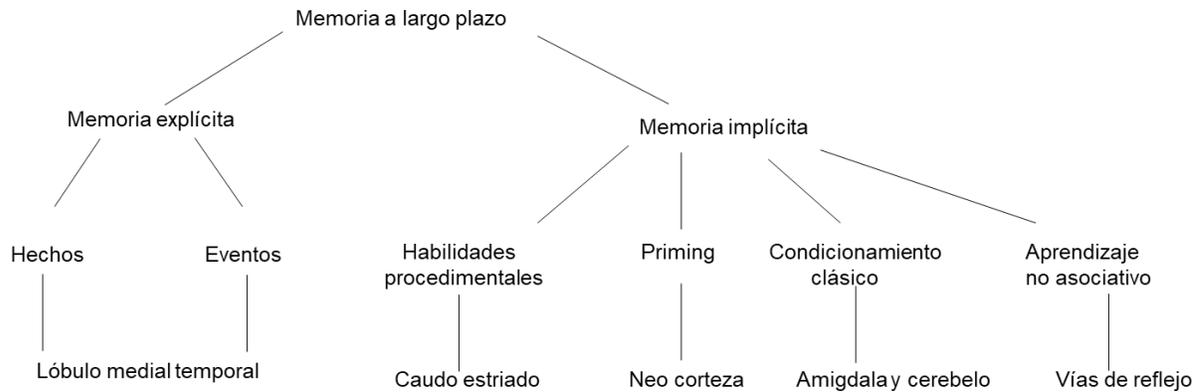


Figura 2. Tipos de memoria, y las estructuras cerebrales relacionadas. Modificado de Baddeley et al. (2002).

Se ha postulado que la memoria explícita y memoria implícita son sistemas que dependen de estructuras anatómicas cerebrales diferentes, basándose en: evidencia de lesiones anatómicas, en variables que afectan a un tipo de memoria y no al otro, y en el tipo de prueba utilizada para observarlos. Dew y Cabeza (2011) representan las diferencias principales propuestas para cada sistema (Tabla 1). Aunque es importante notar que estos autores indican que las diferencias no están completamente validadas, y que existe evidencia en contra de las disociaciones propuestas.

Tipo de memoria		
	Explícita	Implícita
Sistema	Declarativo/dependiente del lóbulo temporal medial	No declarativo/ independiente del lóbulo temporal medial
Intención	Controlado	Automático
Conciencia	Consciente	No consciente
Medida	Prueba directa	Prueba Indirecta
Medida	Precisión	Priming

Tabla 1. Diferencias entre la memoria explícita e implícita. Adaptado de Drew y Cabeza, 2011.

La mayoría de los modelos que se pueden incluir dentro del encuadre de los sistemas múltiples incluyen una unión del sistema del lóbulo medial-temporal, llamado complejo hipocampal, que se distingue funcionalmente de un sistema neo cortical (Figura 3). Este sistema incluye estructuras como la corteza perirrinal, la corteza parahipocampal, la corteza entorrinal y el hipocampo (Yonelinas et al., 2000; Squire, 2009; Hasselmo, 2012). La función de cada área depende de la tarea involucrada, en donde pueden actuar como módulos independientes o globales (Duzel et al., 2003).

Las estructuras del lóbulo medial temporal también están diferencialmente relacionadas con vías de reconocimiento perceptual del estímulo a codificar. Por ejemplo, en la modalidad visual, la corteza perirrinal procesa información proveniente de la corteza inferotemporal, y proyecta hacia la corteza entorrinal dorsal. Por otra parte, el giro parahipocampal recibe información del sistema visual dorsal y proyecta hacia la corteza entorrinal medial. El hipocampo recibe e integra información de la corteza entorrinal y

parahipocampal (Eichenbaum y Yonelinas, 2007; Hasselmo, 2012) y es esencial en la recuperación de la misma (Eichenbaum et al., 2012).

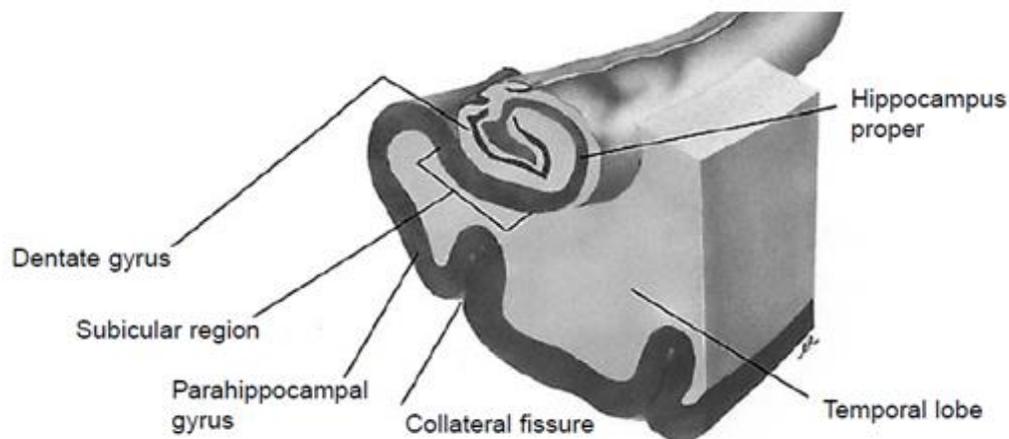


Figura 3. Esquema del complejo hipocámpico (Adaptado de Hendelman, 2015).

Otro sistema consiste en las áreas neocorticales involucradas en la memoria. Las áreas corticales activadas dependen de la modalidad de la información, y se conoce que son esenciales para recuerdos independientes del lóbulo medial temporal. Schacter (1990) y Tulving y Schacter (1990) denominan este sistema como el sistema de representación perceptual (PRS por sus siglas en inglés *Perceptual representation system*). Para estos autores dicho sistema consiste en cambios en la representación perceptual de estímulos específicos, cambios independientes del contexto espacio-temporal y episódico de la codificación de dicho estímulo. Estos cambios anteceden a la combinación multisensorial realizada por funciones de la corteza mediotemporal, Como consecuencia, el PRS es un sistema que no se ve afectado por las mismas variables que el sistema semántico y episódico, incluyendo lesiones mediales temporales (Carrillo-Mora, 2010).

El encuadre del modo de procesamiento hace énfasis en la manera en la que se procesa la información durante la codificación, la recuperación y la interacción entre ambos. De acuerdo con esto, el priming depende de un procesamiento tipo abajo-arriba, llamado procesamiento impulsado por datos mientras que la recolección y el reconocimiento dependen de un procesamiento de tipo arriba-abajo, llamado procesamiento conceptual (Bassili et al., 1989). Los procesamientos describen distintas

funciones, por ejemplo, el procesamiento abajo-arriba hace referencia a una función principalmente sensorial, mientras el procesamiento arriba-abajo describe una función cognitiva (Ramírez-Villegas y Ramírez-Moreno, 2010) o una expectativa sobre lo que se percibirá (Treisman, 1976). De esta manera, un estímulo pudiera ser saliente (prominente) por las diferencias entre estímulos (e.g. el estímulo saliente tiene color mientras el resto está en blanco y negro), o por una relevancia semántica (e.g. El estímulo saliente es la cara de un conocido mientras el resto son caras de desconocidos). Ambos tipos de procesamiento hacen referencia al flujo de la información durante las tareas de memoria. Las diferencias entre las tareas de memoria explícita e implícita nacerían principalmente de cuál tipo de procesamiento emplearía el sujeto.

A diferencia del encuadre de sistemas múltiples, el encuadre del modo de procesamiento previamente mencionado se apoya en el principio de procesamiento apropiado para la transferencia (TAP por sus siglas en inglés, *transfer appropriate processing*), y en niveles de procesamiento (Tulving y Schacter 1990). Descrita por Morris et al. (1977), el TAP asume un traslape entre el procesamiento realizado durante la codificación y el de la recuperación facilita la transferencia de información y resultará en el priming observado (Meier y Graf, 2000). Este modelo predice que entre mayor sea el traslape del procesamiento involucrado, mayor será la facilitación (Mulligan, 1998), haciendo una división entre el procesamiento perceptual y conceptual. Jacoby (1991) propone que el procesamiento realizado en las tareas de memoria implícita corresponde a un procesamiento automático, abajo-arriba de reconocimiento, que se ve poco influido por la atención del sujeto. Este encuadre explica adecuadamente las disociaciones generadas al manipular el nivel de procesamiento. El priming se genera debido a que un procesamiento perceptual beneficiará una recuperación perceptual, pero no una recuperación conceptual, un efecto frecuentemente reportado en diversas investigaciones (Roediger et al., 1992; Rajaram y Roediger, 1993).

Debido a que las tareas de priming hacen uso de un procesamiento perceptual durante la recuperación, el desempeño en estas tareas disminuirá entre mayor difiera con el procesamiento realizado durante la codificación. Por otro lado, un procesamiento conceptual (profundo/semántico) durante la codificación facilitará el desempeño en tareas conceptuales, como tareas de reconocimiento y recobro libre durante la

recuperación (Surprenant y Neath, 2009). El TAP, por lo tanto, asume un mejor desempeño cuando el tipo de procesamiento sea consistente entre la codificación y la recuperación (Figura 4).

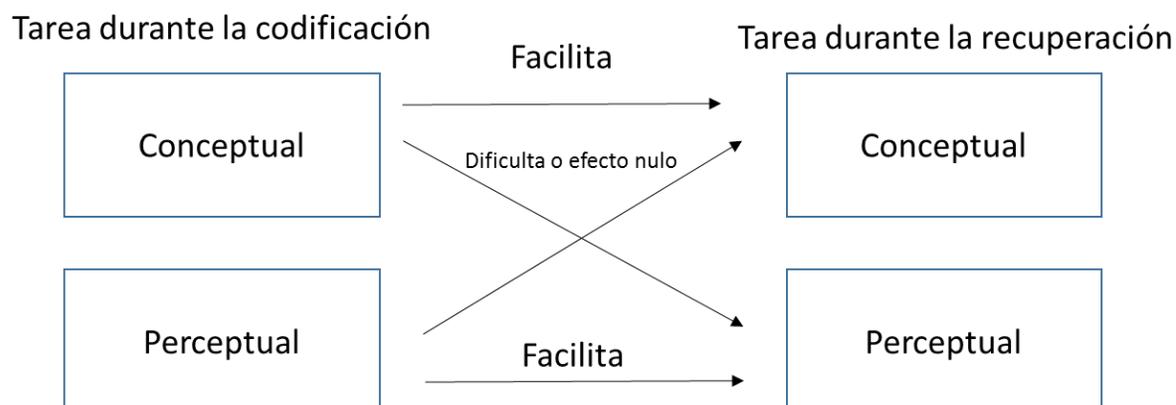


Figura 4. Esquematización del encuadre TAP. Flechas rectas muestran facilitación de transferencia entre la codificación y la recuperación. Flechas cruzadas señalan una reducción de transferencia entre estas dos etapas.

Nairne (2002, 2006) critica la interpretación del traslape como el componente funcional del modelo TAP. Con base en sus experimentos, Nairne argumenta que la relación entre la codificación y la recuperación es facilitadora al permitir un mejor diagnóstico del material a recuperar. Para Nairne (2002), el estímulo proporcionado en la recuperación que inicia la búsqueda en la memoria por la respuesta adecuada, de aquí en adelante denominado clave, será eficaz entre mayor similitud tiene con el trazo en memoria. Dicha eficacia disminuye, sin embargo, cuando la clave también es similar a uno o más estímulos originalmente codificados. El traslape entre la codificación facilita una representación y manipulación semejante entre la información codificada y la clave empleada para recuperarla.

Diversas investigaciones y efectos apoyan este punto, incluyendo paradigmas de interferencia. La interferencia hace referencia a una dificultad por parte del sujeto de recuperar la información debido a la presencia de otro estímulo, particularmente con aquellos ortográficamente o semánticamente similares (Smith y Tindell, 1997; Lustig y Hasher, 2001) o con un contexto similar (Kahana, 2012). El fenómeno de sobrecarga de una clave, en donde una clave se asocia con varios estímulos codificados

subsecuentemente es difícil de recordar y requiere de mayor tiempo de procesamiento (Anderson, 1974; McDaniel y Geraci, 2006; Véase Surprenant y Neath, 2009 para una discusión), debido a que subsecuentemente se requiere la inhibición de todos los estímulos posibles ante una determinada clave (Ferreira, Marful, Staudigl, Bajo y Hanslmayr, 2014). En contraste, el grado de diferencia entre los estímulos codificados incrementa la probabilidad que sean recordados posteriormente. El efecto de aislamiento conforma un ejemplo de esta diferencia, en donde un estímulo que es saliente en relación con los demás subsecuentemente se recuerda con mayor facilidad.

3.3 La memoria explícita

La memoria explícita describe los aspectos cualitativos, sensoriales y temporales de un recuerdo. De acuerdo con Squire y Zola (1998), se puede dividir en dos aspectos o subsistemas: la memoria episódica y la memoria semántica.

La memoria episódica se encarga de retener información de eventos en un código sensorial, así como el contexto externo e interno en el que fue codificado, incluyendo pensamientos y sentimientos, y sigue una trayectoria espaciotemporal (Summerfield y Mangels, 2005; Hasselmo, 2012). Naturalmente, la memoria episódica depende de la estimulación sensorial que recibe un individuo, de tal manera que la recuperación de información procesada por el sistema de memoria episódica se conforma principalmente de actividad asociada a sensaciones. El efecto de superioridad de imagen, en el cual las imágenes son retenidas de manera más eficiente que las palabras, es ejemplo de esto. Las imágenes proporcionan más información que solo palabras leídas o escuchadas (Weldon et al., 1989) y esto ayuda a generar recuerdos distintos y únicos (Mulligan, 2006). Estímulos emocionalmente salientes son codificados mejor, en especial estímulos con una valencia negativa (Davachi et al., 2013). El efecto de superioridad de imagen aparenta ser exclusivo a la memoria episódica, pues está ausente en tareas indirectas e instrucciones implícitas (Mulligan, 2006).

La recuperación de información episódica conlleva un restablecimiento de la información sensorial, con el fin de reconstruir eventos pasados. Se han observado en el electroencefalograma la recuperación de rasgos sensoriales en la memoria episódica, incluso cuando estos rasgos no son relevantes para realizar la tarea indicada por el investigador. Un efecto robusto es la acoplación de los ritmos cerebrales de áreas

sensoriales a la estimulación rítmica externa. Wimber et al. (2012) sincronizaron áreas occipitales de los participantes mediante la presentación de palabras cuyo contorno oscilaba entre blanco y negro a dos frecuencias diferentes mientras los participantes aprendían palabras. En el periodo de recuperación, los sujetos debían categorizar palabras como antiguas o nuevas. Los investigadores observaron que la actividad electroencefalográfica, que mide ritmos neocorticales, mostró un incremento en la frecuencia en la cual se sincronizó originalmente las palabras correctamente recordadas. Las palabras olvidadas no mostraron este incremento, señalando que la recuperación de atributos contextuales es esencial para la memoria episódica. Estudios subsecuentes demostraron que el restablecimiento neural se asocia a la calidad de la información recuperada (Jafarpour, et al., 2014; Thakral et al., 2015).

A diferencia de la memoria episódica, la memoria semántica se relaciona con datos impersonales, incluyendo datos históricos sobre el mundo, hechos y conceptos semánticos (Fink et al., 1996; Surprenant y Neath, 2009; Zauner et al., 2014). Martin y Chao (2001) delimitan la información relacionada con los rasgos y atributos que definen conceptos como el dominio de la memoria semántica. Aunque es recuperada intencionalmente, carece de información referente a la persona, por lo cual también se ha llamado anoética (Tulving, 1985).

La memoria explícita se puede dividir en la recolección y en el reconocimiento, enfatizando el procesamiento involucrado para retomar información (Yonelinas, 2002). La recolección consiste en la memoria que es recordada espontáneamente por un sujeto y que es acompañada de información contextual mientras el reconocimiento hace referencia a información que se recupera con un sentido de familiaridad sin información contextual (Duzel et al., 2010) pero con una trayectoria espacio-temporal (Hasselmo, 2012).

Como describe Kahana (2012), el reconocimiento se evalúa mediante los paradigmas de decisión forzada y de si/no. En el primer paradigma se presentan estímulos concurrentemente, uno siendo el blanco y los demás señuelos, y el sujeto deberá elegir el estímulo antiguo. El segundo consiste en presentar un solo estímulo a la vez mientras el sujeto identifica los estímulos que fueron previamente presentados.

Modelos formales, matemáticos, de la memoria han ayudado a aterrizar ideas sobre la función del reconocimiento y sus mecanismos. Notablemente, la teoría de detección de señales ha sido prometedora por la certeza de sus predicciones. En su nivel más básico, esta teoría toma a una tarea de reconocimiento como una tarea de detección de señal, en donde el sujeto deberá separar la señal del ruido. Cada estímulo en una tarea de memoria está asociado con un nivel de “fuerza,” que varía según las experiencias previas del sujeto. Modelos paramétricos asumen que la fuerza de reconocimiento previo sigue una distribución normal. La exposición a los estímulos incrementa la fuerza de cada uno, de manera homogénea o de acuerdo con un proceso estocástico. De esta manera, se generan dos distribuciones distintas: una distribución que representa la fuerza de los estímulos nuevos y otra los estímulos antiguos. Finalmente, el sujeto determina un criterio de fuerza que utiliza para discriminar entre estímulos antiguos y estímulos nuevos (Surprenant y Neath, 2003; Kahana, 2012).

En las tareas de reconocimiento es posible contabilizar el número de aciertos y de falsas alarmas, definidas como los estímulos antiguos reconocidos correctamente y los estímulos nuevos incorrectamente elegidos como antiguos, respectivamente. Se puede calcular el índice d' (Figura 5), que describe la distancia entre la distribución de ruido y la distribución de la señal y se define por:

$$d' = \Phi^{-1}(H) - \Phi^{-1}(FA)$$

Donde H es la probabilidad de los aciertos, FA la probabilidad de falsos positivos, y Φ^{-1} es la transformación a puntajes z de las probabilidades (Stanislaw y Todorov, 1999).

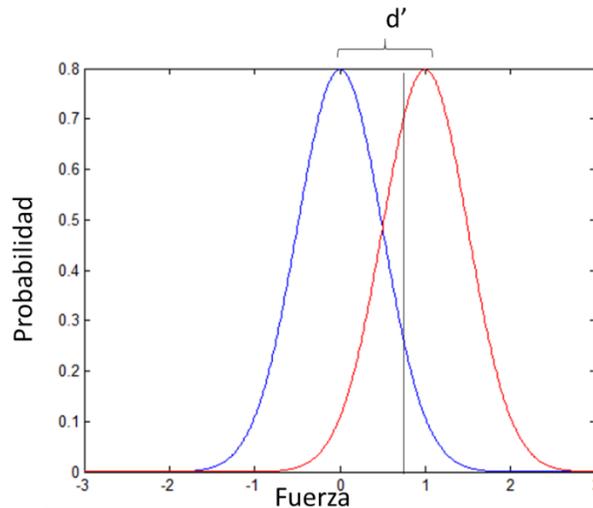


Figura 5. Representación gráfica del índice d' . La distribución en color azul representa la distribución normalizada de la fuerza de los estímulos nuevos y la distribución roja representa la distribución normalizada de la fuerza de los estímulos antiguos. La línea recta representa el criterio de separación establecido por el sujeto.

3.4 Bases neurales de la memoria explícita

Los lóbulos temporales mediales son áreas críticas en la codificación y consolidación del sistema de memoria explícita, especialmente los elementos episódicos (Burgess, et al., 2002; Eichembaum, et al., 2010; Addante, 2015) y relacionales (Hanslmayr et al., 2016). Sujetos con daño en estas estructuras padecen de amnesia anterógrada y son incapaces de almacenar información nueva de manera explícita. Pero su sistema de memoria implícita permanece intacto. Es decir, muestran evidencia de aprendizaje, aunque no tengan el conocimiento subjetivo de ello, siempre y cuando se utilicen las tareas correctas (Warrington y Weiskrantz, 1968; Baddeley et al., 2003). Tanto la generación de memoria episódica como la memoria semántica se ven afectadas por los daños en los lóbulos temporales mediales por lo cual se agrupan dentro de un solo sistema (Squire y Zola, 1998).

Dentro de los lóbulos temporales mediales, el hipocampo en conjunto con la corteza entorrinal y sus diversas conexiones (Hasselmo, 2012), han sido señaladas como estructuras esenciales para la formación de memorias explícitas (Eichembaum y Cohen, 2001; Burgess et al., 2002; Addante, 2015). En estudios de fMRI, se observa un

incremento en la actividad del hipocampo durante tareas de memoria explícita (Chadwick et al., 2010), principalmente durante la codificación. Las áreas del lóbulo temporal medial son importantes para la actividad relacional de la memoria explícita, que une a la memoria con su contexto (Dew y Cabeza, 2011) y une diferentes eventos en un solo episodio (Hasselmo, 2012; Ruben y Umanath, 2015; Hanslmayr et al., 2016). Es importante notar que se han sugerido las conexiones entre el hipocampo (y el giro parahipocampal) con la neo corteza como esencial para una codificación exitosa de la memoria explícita (Gagnepain et al., 2010). Estas conexiones son reguladas por frecuencias correspondientes a la banda teta (Watrous et al., 2013), facilitando el aprendizaje relacional mediante la facilitación del aprendizaje Hebbiano (Buzaki, 2005). El aprendizaje Hebbiano consiste en cambios sinápticos estructurales generados de acuerdo con la correlación entre la actividad de las neuronas correspondientes (Hebb, 1949; Gluck y Myers, 2001). Hebb (1949) postuló que la generación de ensambles neurales, utilizados para la representación de información sensorial y cognitiva es producto de este aprendizaje. Esto incluye conexiones entre el hipocampo y las cortezas de asociación, principalmente del lóbulo inferior temporal, un área de procesamiento visual importante para el reconocimiento del estímulo (Eichenbaum y Cohen, 2001). Recientemente se ha reportado un incremento de la actividad gamma (30-90 Hz) y de la acoplación entre teta (4-7 Hz) y gamma localizado en el hipocampo y relacionado con una codificación exitosa en ratas (Trimper et al., 2014) y en humanos (Staudigl y Hanslmayr, 2013) por lo cual la banda gamma se reporta facilitar el aprendizaje Hebbiano.

En cuanto a la memoria semántica, la corteza prefrontal juega un papel importante. Lesiones en la corteza prefrontal lateral izquierda perjudican a la memoria semántica de los individuos (Martin y Chao, 2001). Estudios que usan la estimulación magnética transcraneal de corriente alterna (tACs), herramienta que permite modular las oscilaciones producidas por las columnas corticales y por lo tanto modificar la función de las mismas, reportan una reducción en el desempeño de memoria semántica al sincronizar al giro inferior frontal con una frecuencia beta (13-30 Hz) de 18.7 Hz (Hanslmayr et al., 2014). Estudios utilizando fMRI demuestran la activación de estas áreas durante la recuperación de la memoria explícita (Buckner y Koustaal, 1998), en

especial la corteza dorsolateral que se ha observado favorece la memoria explícita únicamente (Lee, Blumenfeld, D'Esposito, 2013).

3.5 La memoria implícita

El uso de la memoria implícita como término en la psicología cognitiva se ha referido a: un tipo de tarea, un sistema independiente del sistema de memoria explícita y del estado de conciencia que tiene un sujeto sobre la recuperación de información previa. Aunque no todos estos conceptos son mutuamente excluyentes (por ejemplo, el sistema de memoria implícita puede incluir información perceptual inaccesible por un esfuerzo activo de recuperarla pero que se puede acceder indirectamente), es importante definir los conceptos empleados, en especial en casos donde existen diferentes conceptos asociados a un sólo término (Tulving, 2000; Dudai et al., 2009).

En este trabajo, la memoria implícita hace referencia a la memoria sin conciencia (Richardson-Klavehn y Gardiner, 1995; Neath y Surprenant, 2003), que sin embargo ejerce un efecto en el desempeño en tareas diseñadas para observarla. En ciertas tareas los sujetos juzgan si la información empleada fue previamente expuesta, y la memoria implícita delimitará aquellos estímulos que no fueron correctamente reconocidos, pero tuvieron efecto en la tarea. Dichas tareas se denominan tareas indirectas de la memoria.

Las tareas indirectas de la memoria implícita son empleadas usualmente para observar el fenómeno de priming que se refiere a la facilitación específica que causa el procesamiento de un estímulo en el procesamiento subsecuente de un estímulo que sea semántica o perceptualmente similar (Light et al., 2002; Sebastiani et al., 2015). Como cualquier estudio de memoria, las pruebas indirectas consisten en un periodo de codificación y un periodo de recuperación de la información codificada. En tareas indirectas de la memoria, los sujetos son expuestos a una lista de estímulos (e.g. palabras). Subsecuentemente, se les presentan estímulos degradados como claves. Por ejemplo, se les presenta el fragmento P_RR_, que corresponde a la palabra PERRO. Se les pide completar el fragmento lo más rápido posible. Los sujetos completan más fragmentos con palabras que observaron previamente que con palabras nuevas, aunque no siempre están conscientes de que utilizaron palabras que observaron antes (Tulving et al., 1982; Schacter y Buckner, 1998; Tulving, 2005). La

diferencia principal con las tareas directas de la memoria consiste en que los sujetos no necesitan hacer un esfuerzo para recuperar la información, más bien, esta llega a ellos debido a que la percepción es un proceso constructivo, incluso sin ser acompañadas de un contenido explícito (Schneider, 2015). Los sujetos pueden ser totalmente ignorantes al hecho de que las palabras que completan corresponden a palabras previamente vistas (Dawn, 2012).

Una ventaja de las pruebas de memoria implícita es que bajo ciertas condiciones permiten observar tanto la memoria implícita como la memoria explícita, pues los sujetos recuerdan haber visto la palabra que utilizaron para completar. Si se quiere observar el procesamiento de solo un tipo de memoria, suele ser difícil distinguir si ciertas respuestas corresponden únicamente a ese sistema, ya que en pacientes normales los sistemas de memoria explícita e implícita están intactos (Rugg y Allen, 2000; aunque véase Jacoby (1991) para una solución). Para resolver esto, se han utilizado ciertas instrucciones que ayudan a separar las respuestas conductuales de ambos sistemas de memorias. Algunas instrucciones incluyen indagar si el sujeto reconoce palabras, objetos o sonidos previamente presentados por el investigador. De esta manera, los sujetos reportan si tienen el recuerdo explícito de haber observado los estímulos, o si consideran que los estímulos son totalmente nuevos (Fay et al., 2005).

Debido a las inconsistencias experimentales, algunos autores argumentan que no existe suficiente evidencia para decir que el sistema de memoria implícita es un sistema independiente del sistema de la memoria explícita, y promueven teorías alternativas (Graf y Ryan, 1995; Jackson y Morton, 1984; Jacoby, 1991; Berry et al., 2012).

Para asegurar la independencia de ambos sistemas, es necesario encontrar una doble disociación entre ambos sistemas, similar a la propuesta realizada por Tulving et al. (1982) y por Parkin (1980). El concepto de doble disociación se introdujo por Teuber (1955), y consiste en separar funcionalmente dos áreas de la neo corteza por medio de pruebas conductuales. Neath y Surprenant (2003) describen que una disociación conclusiva de dos sistemas depende de una serie de disociaciones singulares que convergen en el mismo resultado. Posteriormente, enfatizan la necesidad de independencia de procesamiento, así como dependencia en diferentes estructuras

neurales (Surprenant y Neath, 2009). Algunas de estas disociaciones se discutirán posteriormente.

Ya que la mayoría de la evidencia separando la memoria implícita de la explícita viene de pruebas conductuales se han criticado las diferencias en la metodología empleada. Los instrumentos que supuestamente evalúan indirectamente la memoria parecen tener resultados contradictorios o resultados que pueden ser atribuidos a la herramienta empleada más que al sistema de memoria. Dicha crítica nace del hecho que existen múltiples factores que pueden facilitar el fenómeno de priming, que no suelen tomarse en cuenta, como son el grado de dificultad de la tarea y la frecuencia de las palabras usadas (Soler et al., 2009). La evidencia probablemente más concluyente a favor de una disociación entre la tasa de recuerdo de ambos tipos de memoria puede ser reducida bajo ciertas condiciones, según la disociación investigada (Jerrigan y Ostergaard, 1993; Rovee-Collier, 1997). Finalmente, en sujetos normales, se asume que ambos tipos de memoria participan en la resolución de tareas (Voss y Paller, 2008). Por lo tanto, la separación entre los sistemas pudiera ser continua y gradual en lugar de dicotómica, es decir, un solo sistema sería necesario para explicar el priming y el reconocimiento (Berry et al., 2012).

Tomando en cuenta la heterogeneidad previamente mencionada, las teorías de memoria implícita intentan explicar el fenómeno de priming en general, pretendiendo explicar las diferencias observadas entre tareas indirectas y tareas directas de la memoria. Como se ha discutido anteriormente, el encuadre de sistemas múltiples postula que existen diferentes sistemas, preferiblemente mapeados en zonas discretas en el sistema nervioso central. Los sistemas procesan de manera independiente la información recibida, con el propósito de almacenarla para su uso subsecuente. Este encuadre explica las diferencias entre el priming y la recolección y el reconocimiento como provenientes que dependen de diferentes sistemas (Sweatt, 2008).

Las disociaciones entre la memoria explícita e implícita se pueden categorizar como conductuales o neurofisiológicas, aunque indudablemente van de la mano. Una posible disociación entre la memoria explícita e implícita se describe en cuanto a su desarrollo ontogenético. Se ha encontrado que la memoria implícita se presenta a una edad más temprana que la memoria explícita, se forma aproximadamente a los tres años de edad

(Schneider, 2015). La memoria explícita varía posteriormente con la edad, pero la memoria implícita es estable a lo largo de los años (Lloyd y Newcombe, 2009). Parkin (1989) usó la tarea de presentar una figura degradada inicialmente no reconocible, a la cual gradualmente se le agregaron rasgos hasta que el sujeto fue ya capaz de reconocerla y midió la memoria implícita mediante el conteo del mínimo número de rasgos necesarios para completar la figura. Los niños de tres años demostraron una memoria implícita eficiente, mientras su memoria explícita fue pobre (Parkin, 1989; Tulving y Schacter, 1990).

Estos resultados se han criticado por Rovee-Collier (1997), quien argumenta que las disociaciones entre edades se deben a las características de la tarea utilizada. Notablemente, la incapacidad de los sujetos de reportar sus experiencias, de manera de autoreporte, disminuye la habilidad de medir la memoria explícita con certeza. Rovee-Collier, encontró que tanto la memoria explícita, determinada en un paradigma de condicionamiento operante, como la memoria implícita están presentes desde los 3 meses de edad. Más aún, el efecto de una serie de variables que típicamente generan disociaciones, aunque con adaptaciones para la edad, entre la memoria explícita e implícita como la carga atencional, nivel de procesamiento y la disparidad entre el tamaño de los estímulos en la fase de codificación y recuperación resultó ser homólogo al encontrado en adultos.

Una posible explicación para estos fenómenos que concuerdan con la interpretación de Rovee-Collier nace de las investigaciones que mostraron que los niños preescolares tienden a utilizar estrategias de recuperación indirectas en tareas de memoria, mientras que los niños de edades escolares logran utilizar una recuperación intencional (Schneider, 2015). Las manipulaciones realizadas por Rovee-Collier pudieran haber reportado las diferencias en el desarrollo de los procesos involucrados con la memoria implícita, notablemente, el grado de intencionalidad para utilizar un estímulo previamente estudiado para resolver una tarea en el presente.

La atención tiene un efecto diferente en la memoria explícita e implícita. Mulligan (1996, 1998) realizó experimentos en donde se evaluó la recuperación de la memoria explícita e implícita como función del nivel de atención en la fase de codificación. Por ejemplo, en un estudio los participantes debían retener una serie de dígitos mientras memorizaban

una serie de palabras (Mulligan, 1998); entre más dígitos debían retener, menor atención se tenía disponible para codificar las palabras. Los resultados mostraron que la carga atencional, medida como el número de dígitos que los sujetos tenían que retener, afectaba la recuperación libre y dejaba intacto los niveles de priming, demostrando la dependencia de la memoria explícita en el nivel atencional. Esto se pudiera considerar como una disociación unitaria.

Posner y Petersen (1989) postulan que los procesos mentales complejos como la memoria, requieren de operaciones elementales y de un sistema atencional (de origen endógeno) que modula y coordina a estas operaciones. También proponen que las operaciones mentales requeridas para la resolución de problemas mejoran, se actualizan y preparan después de la repetición (Carr, 2002). Por lo tanto, conviene utilizar un sistema atencional dependiendo del grado de experiencia previa que el sujeto tenga con la tarea. Ante tareas novedosas se hace más necesario el sistema de atención que con tareas familiares, gracias a que varias de las representaciones y operaciones mentales usadas en la tarea familiar se facilitan. Otros autores también han postulado dos sistemas que se distinguen por la carga atencional que se requiere de ellos, o que dependen del grado de experiencia con la tarea a resolver (Logan, 1988). El sistema de memoria implícita pudiera estar involucrado en el dominio de una serie de operaciones que utilizan un mayor grado de automaticidad (debido a una previa exposición a los estímulos) mientras que la memoria explícita forma parte del sistema intencional y voluntario.

Bajo esta misma idea, Jacoby (1991, 1998) propone a la memoria implícita como una función utilizada en la interpretación automática de objetos externos en el acto de la percepción. La memoria humana se convierte en un esquema para percibir la información inmediata recibida por el sistema nervioso central, a lo cual después se agrega la recuperación voluntaria de un evento. En este caso el procesamiento involucrado será previo a la conciencia al ser automático. Si la memoria se utiliza para recuperar información declarativa, estos procesos son entonces llevados a cabo por la conciencia, y por lo tanto conllevan una mayor carga atencional. La memoria implícita no “compite” con la memoria explícita, sino más bien la complementa, siendo el resultado de una evaluación de un estímulo previamente visto que requiere del mismo grado de atención que un estímulo nuevo. Yang y Li (2012), en un estudio de

resonancia magnética funcional (fMRI) en el que utilizaron una gramática artificial descubrieron diferentes circuitos en el aprendizaje explícito e implícito. Ningún tipo de aprendizaje mostró una ventaja sobre el otro, demostrando la ausencia de una competencia entre ambos sistemas y a la vez asegurando su independencia.

3.6 Bases neurales de la memoria implícita

A diferencia de la memoria explícita, donde un episodio se puede relacionar con una estructura relativamente localizada lo que da a lugar a cambios conductuales visibles, no existe una relación similar entre la memoria implícita y daños que pudieran relacionarse alguna estructura cerebral, debido posiblemente a los diversos tipos de aprendizaje que son cubiertos por el concepto de memoria implícita (Willingham y Preuss, 1995). Jernigan y Ostergaard (1993) reportaron que únicamente la memoria implícita se ve afectada por daños al striatum, lo cual interpretaron como evidencia en contra del modelo de dos sistemas independientes. Gabrieli et al., (1995) por otro lado encontraron que daños a áreas visuales reduce el priming perceptual mientras la memoria explícita permanece intacta.

El priming perceptual se ha homologado al fenómeno de supresión por repetición que describe la disminución en la tasa de disparos de las neuronas relevantes en la representación del estímulo, ante la repetición del mismo estímulo comparado con un estímulo nuevo (Vease Wiggs y Martin, 1998 y Grill-Spector et al., (2006) para una revisión). La supresión por repetición se presenta en las áreas involucradas en la representación del estímulo a nivel cortical, y en el caso de la modalidad visual se presenta a lo largo de la vía córtico-hipocampal, incluyendo las áreas visuales primarias y secundarias (V1, V2 y V5), la corteza entorinal y parahipocampal (Hasselmo, 2012). Dicho correlato se ha encontrado tanto con registros celulares como en registros no invasivos de la actividad cerebral. Xiang y Brown (1998), reportan la presencia de una reducción en la tasa de disparos de neuronas del lóbulo inferotemporal, la corteza perirrinal y la corteza parahipocampal del macaco ante estímulos antiguos comparados con estímulos nuevos. En el caso del hipocampo, los autores únicamente encontraron reducción en la actividad de una sola neurona. Esto se contrasta con los resultados de Yonelinas et al. (2000), quienes encontraron una reducción de la señal registrada por el fMRI en el hipocampo asociada a estímulos antiguos. Es importante notar que dicho correlato no se encuentra en la memoria explícita, en donde se encuentra una

activación de estas estructuras en un desempeño adecuado durante la codificación y recuperación (Schott et al., 2006).

Una manera de interpretar la supresión por repetición, especialmente en relación con estudios no invasivos como fMRI, PET y EEG, es cómo la generación de ensambles neuronales y su subsecuente modificación eficiente. La repetición del estímulo causaría la abstracción de los detalles relevantes, seguido por una modificación eficiente del ensamble neuronal, en donde el aprendizaje Hebbiano fortalecerá las neuronas relevantes en la representación del estímulo (Moldakarimov et al., 2010). Al ser más eficiente, la activación del ensamble neuronal consistirá en una cantidad menor de neuronas que codificarán la información relevante, y dicha disminución en la cantidad de neuronas responsivas se reflejará como una supresión de actividad en herramientas no invasivas (Wiggs y Martin, 1998; Henson y Rugg, 2003; Horner y Henson, 2008). Un ejemplo claro de esta premisa fue aportado por Gruber et al., (2004), quienes reportaron una reducción de la actividad gamma registrada por el electroencefalograma (EEG) sobre áreas visuales asociadas a la presentación de un estímulo repetido en comparación a uno nuevo. Crucialmente, la propuesta de modificaciones en los ensambles neuronales como un correlato esencial de la memoria implícita es consistente con observaciones que la muestran intacta ante lesiones en el lóbulo medial temporal en áreas sensoriales primarias y secundarias.

3.7 Tareas indirectas de la memoria

La generación de conceptos teóricos sobre la memoria explícita e implícita, al pertenecer al dominio de las ciencias empíricas, depende de las evidencias conductuales y neurofisiológicas observadas durante el empleo de tareas. Como consecuencia y de acuerdo con Roediger (2008), los resultados empíricos deben interpretarse dependiendo de la tarea empleada. Aunque existen diversas maneras de clasificar tareas de memoria, la clasificación directa e indirecta ha sido de gran utilidad. En la primera, el sujeto codifica y recupera información de manera intencional, mientras que las tareas indirectas constan en pedirle al sujeto realizar todas las tareas sin saber que su memoria es de interés para el experimentador (Butler y Berry, 2001). En este tipo de tarea el sujeto nunca hará un esfuerzo para recuperar información previa y por lo tanto cualquier proceso y beneficio ejercido por estímulos previos pertenecerá al dominio de la memoria implícita. Por otro lado, si el sujeto es consciente de la intención

del investigador para evaluar su memoria explícita, las estrategias usadas por el sujeto pudieran cambiar. El grado de conocimiento que tiene el sujeto se denomina conciencia de la tarea (test awareness) (Fay, et al., 2005). En tareas de la memoria, se observan diferentes patrones según el criterio directo o indirecto, particularmente con manipulaciones de niveles de procesamiento (Geraci y Rajaram, 2001).

Un problema con este tipo de tareas es que el sujeto pudiera involuntariamente ser consciente de que ciertos estímulos son antiguos, lo que lo llevará a deducir que la tarea en realidad es una tarea de memoria. El sujeto en este caso pudiera convertir a la tarea en una tarea de memoria explícita al utilizar estrategias de recuperación voluntaria en lugar de generación automática. Son de gran importancia las estrategias de recuperación involucradas, debido a que afectan la interacción entre diversas variables. Por ejemplo, los niveles de procesamiento ejercen un efecto nulo sobre una tarea sin estrategias de recobro voluntarias, pero interfiere bajo el recobro intencional. Esto se conoce como contaminación explícita (Butler y Berry, 2001).

Investigaciones realizadas por Fay et al. (2005) sugieren que el tener conciencia de la tarea no lleva a que la mayoría de los sujetos adopten estrategias explícitas. Los autores midieron tiempos de reacción en una tarea de completar raíces, y encontraron que los tiempos de reacción para los sujetos que sufrieron contaminación explícita (se dieron cuenta de que la tarea en realidad era una tarea de memoria), tuvieron tiempos de reacción iguales a sujetos que no tuvieron contaminación. Es importante notar que los tiempos de reacción en tareas indirectas de la memoria varían ampliamente, incluso en tareas similares, como son la tarea de completar fragmentos y raíces (Rajaram y Roediger, 1993). Dicha variabilidad podría dificultar la detección de un efecto verdadero.

Una limitación de esta tarea es que no reporta el estado de conciencia de los sujetos. Por ejemplo, los sujetos pudieran recordar detalles episódicos durante la ejecución de la tarea, para algunos estímulos únicamente. Richardson-Klavehn y Gardiner (1995) y Schott, et al. (2006) evitan esto incluyendo una tarea de reconocimiento en el cual los sujetos realizan la tarea de manera indirecta, y después hacen un juicio de reconocimiento. Esto permitirá observar los estímulos correspondientes a la memoria explícita e implícita (Voss y Paller, 2008).

Jacoby (1993) enfatiza que ninguna tarea de memoria se debe considerar como “pura,” ya que, en sujetos normales, diferentes procesos están activos de manera paralela, y una manipulación conductual pudiera afectar a varios procesos activos, no solo al de interés. Por ejemplo, en una tarea tradicional de memoria implícita a los sujetos no se les indica que los estímulos presentados durante la tarea de recuperación consisten en estímulos presentados previamente. Sin embargo, los sujetos pueden llegar a ser conscientes de esto y resolver las palabras fragmentadas con palabras recordadas, convirtiendo, al menos parcialmente, la tarea indirecta en una directa (Dawn, 2007).

Los procesos involucrados en cada tarea se dividen en dos tipos, el procesamiento conceptual y el procesamiento perceptual (Mulligan, 2009). La tarea de completar raíces involucra la presentación de las primeras tres letras de una palabra en inglés. El sujeto hace un esfuerzo de resolver la raíz con una palabra que pueda solucionarla. La mayoría de las raíces pueden ser completadas con más de una palabra, a menos de que esto sea controlado por el investigador (Roediger et al., 1992; Fay et al., 2005). En las pruebas indirectas, la información previamente estudiada es utilizada para resolver las raíces. Sin embargo, también existe un proceso de acceso a representaciones léxicas, en el cual los sujetos utilizan la información visual para acceder a información almacenada en su lexicón. Entonces, a diferencia de la prueba de completar fragmentos, la tarea de completar raíces incluiría un proceso de búsqueda seguido por un proceso de reconocimiento (Muller y Thanasuan, 2014). De esta manera, las raíces pueden ser resueltas con mayor facilidad que los fragmentos.

La mayoría de las tareas indirectas de la memoria son de corte perceptual. Las tareas perceptuales dependen de la similitud de las características físicas del estímulo usado durante la codificación y la clave usada durante la recuperación (Jacoby et al., 1993; Roediger, 2003; Razumiejczyk et al., 2008; Soler et al., 2009), mientras las pruebas conceptuales hacen uso de una similitud en el significado de los estímulos (Schneider, 2015). Roediger et al. (1992) compararon las tareas de completar fragmentos y raíces en una serie de experimentos donde concluyeron que ambas tareas miden el mismo procesamiento perceptual. Encontraron que los niveles de procesamiento tenían efecto sobre tareas como reconocimiento y recuerdo libre pero no sobre las tareas de completar fragmentos y raíces.

Por otro lado, existen diferencias en los efectos producidos por tareas que supuestamente evalúan el mismo sistema. La evidencia muestra efectos diferentes de algunas variables independientes sobre las respuestas conductuales. Clarys, et al., (2000) reportaron que el efecto mixto de la reducción de la atención y la edad reduce los niveles de priming en la tarea de completar raíces, pero no en la tarea de completar fragmentos. Posteriormente, analizaron el efecto del nivel de procesamiento en ambas tareas y observaron que un procesamiento profundo en comparación a un procesamiento superficial proporcionó niveles de priming mayores al completar raíces, pero no al completar fragmentos (Fay et al., 2005). Los autores concluyen que estas tareas observan procesos disociables. Un meta análisis reciente (Sparato et al., 2011) identificó que el efecto de la atención dividida en los niveles de priming varía según el tipo de procesamiento (superficial contra profundo) y el tipo de prueba (generación vs identificación). Los efectos del nivel de atención y del nivel de procesamiento paralelan los efectos producidos en la memoria explícita, y por lo tanto es posible que la prueba de completar raíces se vea influida por procesos de memoria explícita, a diferencia de la prueba de fragmentos.

Roediger et al., (1992) y Rajaram y Roediger (1993) exploraron posibles disociaciones entre la tarea de completar fragmentos y la tarea de completar raíces, mediante la manipulación de una serie de variables, incluyendo: Concordancia de modalidad entre la codificación y recuperación; Manipulaciones en la fuente impresa de los estímulos y niveles de procesamiento. Estos autores concluyen que la tarea de completar fragmentos y la tarea de completar raíces se ven similarmente moduladas por las variables manipuladas. Es importante notar, que se observaron mayores niveles de priming en el primer estudio para los fragmentos que para las raíces, mientras en el segundo estudio encontraron niveles similares. Rajaram y Roediger (1993) proponen que los fragmentos ofrecen más letras al sujeto en comparación a las raíces, facilitando su respuesta, aunque no elucidan la aparente contradicción previamente mencionada.

Si un mayor número de letras facilita la memoria, consistiendo en una clave con mejor discriminación que una con menos letras, los fragmentos deberían otorgar niveles superiores de priming constantemente. Esto no siempre es el caso, y Horowitz et al. (1967) y Nelson y Rowe (1969) encuentran el efecto opuesto. Basados en Carson (1961), estos autores utilizan la teoría de información aplicada a la lengua inglesa para

identificar los segmentos de las palabras que ofrecen más información, es decir, reducen la mayor cantidad de incertidumbre, encontrando que las letras iniciales de la palabra contienen la mayor cantidad de información, seguida por las letras finales y los segmentos medios, con 4.46, 4.21 y 3.35 bits respectivamente. Entre más información otorgan las claves, mayor será la tasa de respuestas correctas, y en consecuencia las raíces, que contienen las primeras letras de la palabra, funcionarán como mejores claves (Horowitz et al., 1967). Aunque la aportación de la teoría de la información a la psicología cognitiva ha sido criticada (véase Luce, 2003), estos resultados demuestran ser opuestos a los de Roediger et al. (1992).

Las diferencias en la metodología empleada en los experimentos pueden elucidar el origen de la discrepancia. Una diferencia importante entre los estudios es la frecuencia de las palabras. Mientras Roediger et al. (1992) utilizaron palabras de baja frecuencia, la selección por defecto para tareas de priming perceptual, Horowitz et al. (1967) usaron palabras de alta frecuencia. Kinoshita (1995) encontró que el efecto de frecuencia de las palabras, donde las palabras de alta frecuencia son recordadas con mayor consistencia que palabras de baja frecuencia, está presente en tareas indirectas con instrucciones explícitas, como las utilizadas por Horowitz et al. (1967) pero no bajo instrucciones implícitas, utilizadas por Roediger et al. (1992). Aunque esta interpretación no es conclusiva sin un experimento directo, las discrepancias demuestran una interacción entre tareas indirectas de la memoria y las condiciones en las que se presenta.

3.8 El electroencefalograma

El EEG es el registro en el cuero cabelludo no intrusivo de la actividad eléctrica cerebral generada por la actividad post sináptica de grupos de neuronas orientadas hacia la misma dirección (Woodman, 2010). El registro del EEG permite analizar la actividad eléctrica cerebral de manera cualitativa y cuantitativa. Los análisis cualitativos consisten en describir las características generales del EEG, como actividad base, sincronía, y simetría. Los análisis cuantitativos del EEG incluyen potenciales relacionados a eventos (ERP por sus siglas en inglés), el análisis espectral, la localización de fuentes, y otras técnicas que permiten cuantificar la actividad eléctrica cerebral. Independientemente del análisis del EEG empleado, la señal adquirida por esta herramienta reporta la actividad

sumatoria de miles de neuronas individuales y sus potenciales post sinápticos a lo largo del tiempo (Sanei y Chambers, 2008).

Para facilitar comparaciones entre laboratorios, los electrodos se colocan en el cuero cabelludo según el sistema internacional 10-20 o una variación de acuerdo con el número de electrodos. El sistema 10-20 proporciona la distancia entre cada electrodo dependiendo de 3 medidas de la cabeza: la longitud de nasion a inion, la longitud entre los puntos pre auriculares cerca de la oreja, y la circunferencia del cráneo. El uso del sistema 10-20 estandariza a nivel internacional las áreas cerebrales registradas con 21 electrodos (Figura 6). Los electrodos se denominan según su posición en la cabeza (Quigg, 2006).

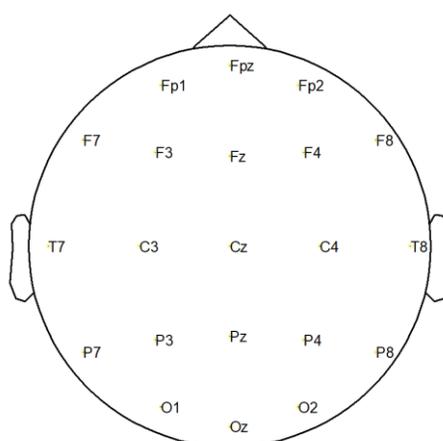


Figura 6. Distribución de electrodos según el sistema internacional 10-20.

3.9 Bases neurofisiológicas del EEG

El potencial de acción es la alteración transitoria con duración de 1ms del potencial de membrana a lo largo de una célula excitable, generado por la apertura de canales de sodio dependientes de voltaje en la membrana celular (DuBois, 2010). Este cambio en el potencial de membrana permite a la célula propagar información a través de grandes distancias, con diferentes tiempos de transmisión según la distancia. Se caracteriza por su respuesta del todo o nada y su propagación sistemática a lo largo de una célula especializada sin decremento en el voltaje (Kandel, 2013).

La despolarización secuencial a través de la célula genera una gran cantidad de intercambio de iones con el medio externo. Sin embargo, debido a su corta duración el

potencial de acción no es una actividad ideal para ser registrada por el EEG. Los potenciales post sinápticos producen una señal más adecuada, pues tiene una duración de alrededor de 10 ms y son potenciales graduados. Esto permite la suma de los campos eléctricos que a su vez generan el EEG (Lopes da Silva, 2013). No todos los potenciales post sinápticos son aptos para producir una señal que pueda ser registrada por el EEG, pues esto requiere de la actividad de alrededor de por lo menos 108 neuronas orientadas adecuadamente (Olejniczak, 2006). Únicamente las corrientes eléctricas paralelas a las neuronas piramidales serán registradas por el EEG, mientras las corrientes transversales se eliminan entre sí (Lopes da Silva, 2013).

Las neuronas piramidales de la corteza cerebral, cuyos somas están principalmente localizados en la capa III y V, proporcionan una fuente principal para el EEG. Se organizan de manera paralela y de forma tangencial al cráneo y al cuero cabelludo (Jackson y Bolger, 2014; Luck, 2014), donde se registrará su actividad mediante electrodos en el EEG. Su morfología alargada es importante, especialmente sus dendritas apicales. Las neuronas piramidales, particularmente en la capa IV, reciben aferencias provenientes del tálamo (Olejniczak, 2006), y sus dendritas apicales que se extienden hacia las capas externas de la neo corteza reciben aferentes de otras neuronas corticales (Kirschstein y Kohling, 2009). Los potenciales post sinápticos de tipo excitatorio cerca del soma de la neurona piramidal generan un “pozo” al permitir la entrada de iones positivos dentro de la célula (Nunez y Srinivasan, 2006). Esto causa, debido al principio de la electroneutralidad, la salida de iones positivos en el polo opuesto de la neurona, conocido como una “fuente” (Buzsáki, 2006; Buzsáki et al., 2012; Kirschstein y Kohling, 2009; Olejniczak 2006). Este movimiento de corriente eléctrica se conoce como dipolo (Lopes da Silva, 2013).

Los potenciales de campo locales (LFP) son esenciales en el estudio de la actividad neural a nivel local y a nivel global, pues el EEG se deriva de LFP generados por conglomerados de neuronas en las capas más superficiales de la corteza cerebral (Búzaki et al., 2012). Los LFP son el resultado de la excitabilidad de grupos de neuronas con la misma orientación, y los potenciales post sinápticos excitatorios e inhibitorios son los principales contribuyentes a esta excitabilidad (Luck, 2014). Entre mayor sea la sincronización de las neuronas que subyacen a los LFP, mayor será el

voltaje y menor la frecuencia subsecuentemente registrados en el cuero cabelludo (Pfurtscheller y Lopes da Silva, 1999).

Por algún tiempo se consideró que los LFP y el EEG, representaban un epifenómeno que, a pesar de que registraba e indexaba despolarizaciones, no intervenía en la actividad neural. Ahora se sabe que existe una interacción entre los trenes de espigas (potenciales de acción) y las oscilaciones de los LFP (Hasselmo, 2012; Jensen y Lisman, 2013). Las espigas de las neuronas están coordinadas con la fase de las oscilaciones de los LFP de tal manera que la probabilidad de que una neurona dispare depende de la fase en la que se encuentre el LFP (Klimesch et al., 2008; Thut et al., 2012).

Thut et al. (2012) sugieren tres posibles funciones fisiológicas de los LFPs: El procesamiento pulsado, la multiplexión de la información, y la comunicación neuronal. El procesamiento pulsado se refiere a una sincronía local en los disparos de un gran número de neuronas. Esto permite la rápida creación de redes y conexiones funcionales temporales sin realizar cambios en los pesos sinápticos (fuerza de la interacción pre y pos sináptica) que requiere de mayores cantidades de energía (Búzaki, 2006; Búzaki y Draguhn, 2006). El procesamiento pulsado también actúa como un filtro temporal. Por ejemplo, neuronas sincronizadas a un ritmo alfa presentan espigas principalmente en la depresión de los LFPs (Klimesch et al, 2008). Por lo tanto, si una neurona no está sincronizada a la fase adecuada de ritmo dominante, pudiera tener menor probabilidad de disparo. Oscilaciones más lentas ofrecen un periodo de integración mucho más amplio que oscilaciones con frecuencias altas. Finalmente, las oscilaciones pudieran amplificar señales con menor intensidad, virtualmente garantizando su procesamiento posterior por neuronas río abajo (Búzaki, 2006).

La multiplexión se define como la representación de diferente información en una misma frecuencia. Una propuesta para la memoria de trabajo considera que diferentes ciclos de la banda gamma codifican representaciones sensoriales independientes. Estos ciclos de gamma se anidan dentro de un solo ciclo de la banda teta (Lisman y Jensen, 1996). Gracias a esto, diferentes objetos pueden ser representados por la misma frecuencia teta, pero a su vez separados entre sí al presentarse a diferentes fases. La multiplexión permite una representación por diferentes neuronas en una sola

señal (Lisman y Jensen, 2013), y los LFP actúan como referencias internas que sirven para coordinar a las espigas, formando parte del código temporal de la neurona (Panzeri et al., 2010).

El papel de los LFPs en la comunicación neuronal fue resumido por Fries (2005) en su teoría de CTC (Communication through coherence en inglés). Esta teoría se basa en que la probabilidad de que una neurona reciba y logre responder a la estimulación varía según la fase del LFP a la cual se encuentre acoplada, y predice que dos grupos de neuronas tendrán un mayor grado de transmisión de información entre más coherentes sean sus LFPs. Esto es, la sincronía puede garantizar que una conglomeración transmita su mensaje (trenes de espigas) en la fase más adecuada para que otra conglomeración reciba su mensaje (fase receptiva). Evidencia a favor de esta teoría incluye que el grado de sincronización entre dos LFPs puede predecir la actividad sincrónica de las neuronas subyacentes (Canolty et al., 2010).

Por otro lado, Hanslmayr et al. (2012) consideran que una sincronización excesiva a ciertas frecuencias, notablemente en alfa y beta, pudiera inhibir el procesamiento adecuado de la información sensorial. Su argumento es el siguiente: Si un gran número de neuronas necesitan procesar información por separado, posiblemente involucrando el mecanismo de multiplexión previamente discutido, la información no será adecuadamente procesada si estas neuronas se encuentran esclavizadas a una sola frecuencia. En este caso la señal pierde entropía, definida por la cantidad de información contenida por una señal. Existe evidencia de que una desincronización de la banda alfa y beta en áreas relacionadas con el procesamiento de un estímulo de interés, incluyendo información motora (Pfurtscheller et al., 1997), información visual atendida (Klimesch et al., 2007) y relevante para la tarea (Waldhauser et al., 2012), información retenida en la memoria de trabajo (Krause et al., 2000), información auditiva (Pesonen et al., 2006), e información recuperada de la memoria a largo plazo (Klimesch, 1999).

La transmisión de corriente a lo largo del medio extracelular y del interior de la célula se repite en forma de olas hacia el cuero cabelludo, un proceso conocido como conducción de volumen. La conducción de volumen de los potenciales pos sinápticos es la fuente principal del EEG (Lopes da Silva, 2013). Si una gran cantidad de células piramidales

generan dipolos al mismo tiempo las olas de iones generadas se suman de tal manera que pueda ser detectada por electrodos (Olejniczak 2006; Sanei y Chambers, 2008). Una consecuencia y limitación del EEG es que la precisión espacial disminuye por la conducción de volumen (Figura 7).

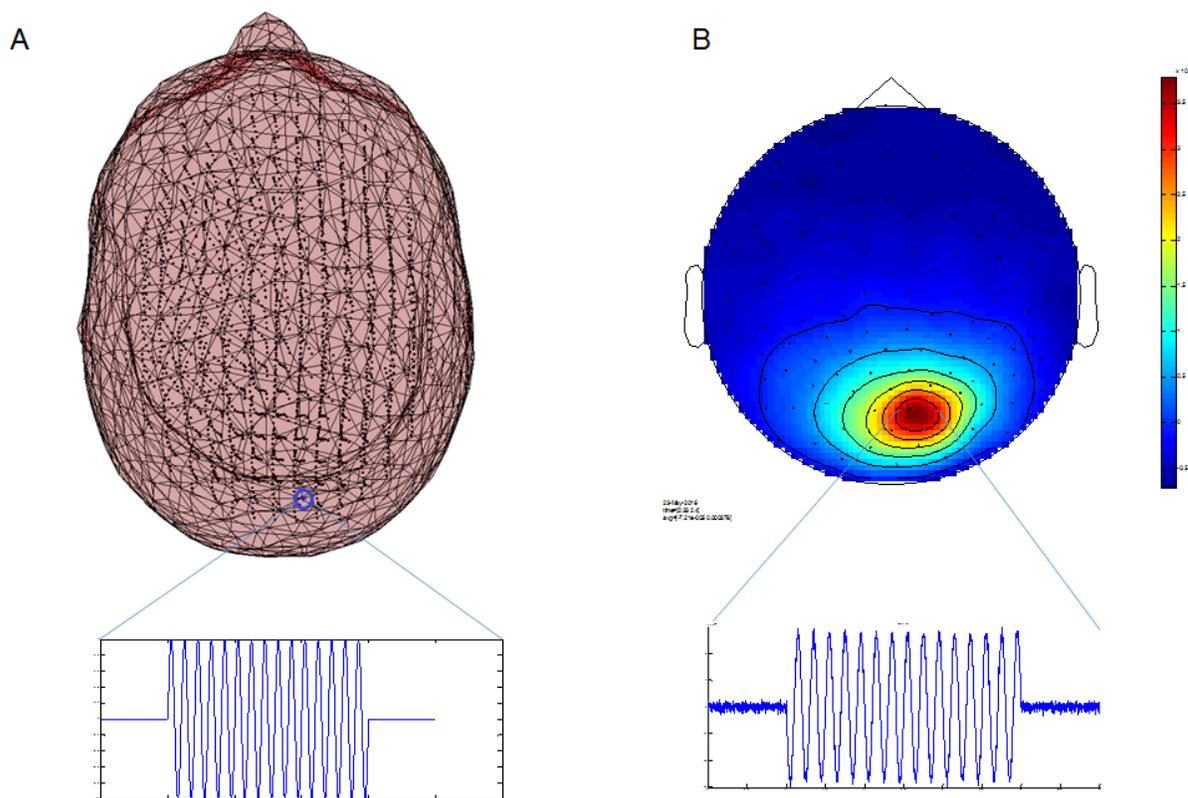


Figura 7. Simulación de actividad oscilatoria en un dipolo visual y actividad registrada por el EEG. A. Simulación de una onda sinusoidal de 5 Hz de un dipolo localizado en V1. B. Solución al problema directo con su topografía utilizando la señal simulada en A. Aunque la actividad registrada en el EEG se localiza principalmente en un electrodo occipital, la actividad generada por un solo dipolo se esparce y se detecta por los electrodos vecinos de acuerdo con la distancia entre ellos. Nótese que la polaridad de la sinusoidal se invierte en el cuero cabelludo.

El EEG es la suma de los potenciales post sinápticos inhibitorios y excitatorios de neuronas piramidales sincronizadas y orientadas hacia la misma dirección. Debido a que el EEG representa la actividad eléctrica de miles de neuronas, se considera la

actividad mesoscópica (Jackson y Bolger, 2014; Kirschstein y Kohling, 2009). La excitabilidad de las dendritas varía a través del tiempo gracias a una excitación y una retroalimentación inhibitoria, ya sea por interneuronas o por circuitos de retroalimentación. Klimesch et al., (2007) concluyen que las ondas registradas corresponden a ciclos de excitabilidad e inhibición. Esta actividad se registra como ondas en el cuero cabelludo (Klimesch et al., 2008).

3.10 Los Potenciales Relacionados a Eventos

Los potenciales relacionados a eventos (ERP) por sus siglas en inglés (Event Related Potentials), son deflexiones en el EEG causadas por un estímulo, ya sea de origen externo (exógeno) o de origen interno (endógeno). Se caracterizan por su amplitud, latencia, y topografía (Luck, 2014; Sanei y Chambers, 2008; Woodman, 2010) y por sus características funcionales (Kutas y Federmeier, 2011). Estos potenciales ayudan a hacer inferencias cuantitativas y cualitativas sobre el procesamiento de un estímulo al reportar la actividad cerebral representativa de ese procesamiento de manera continua (Rugg, 1990; Kutas y Federmeier, 2011). En comparación a otras herramientas como fMRI y PET, los ERP poseen una buena resolución temporal semejante a la resolución temporal de los ERF (Event related Fields) del magnetoencefalograma (MEG). Los ERP reflejan la sincronización de áreas cerebrales al momento de procesar un estímulo específico, sincronización que es dependiente del momento en el cual se presenta el estímulo, por lo cual se les reconoce como actividad acoplada a un estímulo (Stimulus-locked en inglés).

Los ERP están constituidos por varios componentes. Un componente se define como una deflexión que corresponde a la actividad evocada generada por un solo dipolo (Nunez y Srinivasan, 2006). Cada deflexión del ERP está conformada por varios componentes, por lo que es difícil correlacionar un pico o valle con un solo dipolo (Handy, 2005). Eso difiere de una interpretación errónea pero frecuente que asume que los componentes son los picos directamente observadas en los ERP, debido a que esto requiere técnicas de análisis especiales como el análisis de componentes independientes (ICA) y la localización de fuentes (Jackson y Bolger, 2014; Luck, 2011).

Una clasificación común de los ERP los clasifica por su latencia, amplitud y polaridad (Luck, 2014). La latencia de los ERP proporciona información sobre la temporalidad del

potencial de interés, es decir sobre el momento en el que ocurre el potencial después de la presentación del estímulo. La temporalidad de un ERP es una ventaja del EEG sobre otras herramientas neurofisiológicas al poder observar un proceso cognitivo en cuestión de milisegundos. Como consecuencia, se puede comparar la latencia de dos procesos similares a nivel conductual pero dependientes de diferentes sistemas neurales o de diferentes temporalidades de su procesamiento (Cohen, 2014). La precisión temporal depende de la frecuencia en la cual se convierte la señal analógica adquirida por los amplificadores a una señal digital (frecuencia de muestreo), y de la proporción señal ruido mejorada al promediar varios ensayos. Se pueden registrar tanto potenciales producidos por vías sensoriales que aparecen menos de 10 ms después del estímulo, como potenciales un segundo antes o después de la presentación del estímulo. Entre mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor será la precisión registrada, aunque una frecuencia de muestreo de 1000 Hz ha sido demostrada como suficiente para capturar la mayoría de las oscilaciones biológicamente relevantes (Woodman, 2010; Cohen, 2014).

La amplitud y la polaridad son medidas que describen la intensidad y la dirección del ERP, respectivamente. A pesar de que los componentes y ERP más estudiados presentan una amplitud relativamente delimitada (con un rango de 5 μ V), los mecanismos responsables por un incremento o disminución de la amplitud son difíciles de interpretar, pudiendo ser el resultado de un cambio en la cantidad de neuronas que responden a un estímulo o en la sincronía entre ellas (Kirschstein y Kohling, 2009). Independientemente del mecanismo celular involucrado, una reducción en la amplitud representa una disminución en la respuesta neuronal. Por ejemplo, cuando un sujeto se habitúa, o acostumbra, a la presentación de un estímulo, el ERP tiene una menor amplitud (Handy, 2005). En cuanto a la polaridad, los potenciales son clasificados según la dirección del voltaje, que puede ser positiva o negativa. La polaridad depende de la orientación de los dipolos que generan el componente, dependiendo de la anatomía de la corteza subyacente (Luck, 2014). Por ejemplo, diferencias entre sujetos en la polaridad del componente N1 en la estimulación auditiva pudieran corresponder a este hecho.

Los ERP inicialmente fueron denominados por su polaridad y latencia. Por ejemplo, el potencial N400 reporta una deflexión con polaridad negativa alrededor de 400 ms

después de la presentación del estímulo, mientras el potencial P600 consiste en un pico positivo a los 600 ms. Otros potenciales se denominan según sus características funcionales. El potencial de disparidad (MMN) por ejemplo, es un potencial que refleja la capacidad discriminativa del cerebro y se registra cuando el cerebro detecta una disparidad en la estimulación sensorial (Näätänen et al., 2005), mientras el potencial LRP (Por sus siglas en inglés Lateralized readiness potential), refleja una activación de la corteza motora contralateral en preparación al movimiento (Handy, 2005). Una definición funcional de los potenciales acepta variabilidad en cuanto las características que definen a los componentes. La clasificación del componente P3 o P300, y sus subcomponentes aceptaría una variabilidad en la latencia, de tal manera que se puede presentar entre 200 y 700 ms (no solamente alrededor de los 300ms) (Luck, 2014).

3.10.1 Adquisición y análisis de los ERP

Debido a la precisión temporal de los ERP, es necesario un control apto de la presentación de los estímulos sensoriales o cognitivos en relación con el registro del EEG. Detalles de la adquisición se pueden encontrar en Handy (2005), Luck (2014) y Cohen (2014). En breve, la adquisición consiste en tomar los segmentos de duración constante alrededor de la presentación del estímulo. Ya que la proporción señal/ruido es baja en el EEG, se busca promediar un gran número de fragmentos del EEG, o épocas, para poder captar la señal deseada. Estas épocas están ligadas en el tiempo con el estímulo o proceso cognitivo que se desea observar, debido a que los límites temporales de las épocas se consideran basados en el momento en que se presenta un estímulo. Existe una correlación inversa entre el tamaño del potencial que se desea observar y el número de épocas necesarias, de tal manera que entre más pequeño sea el potencial, mayor número de épocas serán necesarias (Handy, 2005; Luck, 2014). Por ejemplo, potenciales visuales y auditivos presentes unos milisegundos después de la presentación de un estímulo de su respectiva modalidad, requieren de miles de épocas para obtener una señal con una proporción señal/ruido que se considere aceptable, mientras potenciales relacionados a eventos cognitivos requieren una o dos órdenes de magnitud menos (Luck, 2014).

Los potenciales relacionados a eventos son una señal donde cada punto es la media del voltaje de las épocas que representan la actividad de interés. Ya que valores extremos pueden sesgar el valor promedio, el análisis de los ERP incluye un rechazo e

interpolación de la actividad artefactual. Estrategias para eliminar esta actividad incluyen métodos cuantitativos (Véase Delorme et al., 2007 y Cohen, 2014) y métodos cualitativos de rechazo de artefacto.

Es importante mencionar que algunos autores interpretan a los ERP como una restauración de fases de estas oscilaciones. Este modelo asume que algunos componentes que conforman los ERP se registran debido a un cambio en la fase de las oscilaciones activas. Es decir, el estímulo modifica la fase de varias conglomeraciones de neuronas, estableciendo una fase en común. Al momento de promediar, estas oscilaciones que ahora están ligadas en la misma fase, generarán una deflexión en el ERP. Este es un debate que aún sigue en discusión (Sauseng, et al., 2007).

3.10.2 Potenciales relacionados a la memoria

Rugg et al. (1998), fueron de los primeros investigadores en utilizar la técnica de ERP para investigar las diferencias entre la memoria explícita e implícita. Utilizando un paradigma de niveles de procesamiento durante la codificación y la recuperación libre en la recuperación, encontraron diferencias tardías en áreas parieto-occipitales alrededor de los 600 ms, en donde la memoria implícita se relacionó con mayor amplitud a esta latencia.

Los potenciales relacionados a eventos se han registrado en pruebas indirectas de la memoria, y se reportan con una positividad alrededor de 200 ms a 400 ms (Fay et al., 2005), con una topografía marcada en zonas posteriores (Weiser y Weiser, 2003), y con amplitud mayor a potenciales correspondientes a los reactivos recordados de manera explícita (Badgaiyan y Posner, 1997). Rass et al. (2010) reportan una negatividad temprana a los 200-500 ms relacionada con el priming durante la prueba de completar raíces.

Badgaiyan y Posner (1997) encontraron una disminución de la amplitud a los 200 ms relacionada a la recuperación de la memoria implícita, en contraste a estímulos nuevos, centradas en áreas frontales derechas. Los autores lo interpretan como una disminución de la actividad en los sistemas atencionales representados por la corteza frontal derecha.

En cuanto a la memoria explícita, se ha reportado la presencia del potencial FN400, específicamente con la familiaridad y un potencial positivo tardío para la recuperación (Rugg y Curran, 2007). Sin embargo, es importante mencionar que, aunque originalmente este potencial parecía ser diferente al N400 convencional, el cual se presenta ante estímulos semánticamente significativos (Kutas y Federmeier, 2009; Voss y Paller, 2008), evidencia reciente pone este postulado en duda. Estudios realizados por Voss y Federmeier (2011) mostraron que el FN400 y el N400 son modulados funcionalmente igual en relación con las características semánticas de los estímulos. Esto señala una interacción entre los efectos antiguos-nuevos y el procesamiento semántico en el FN400. A pesar de ello, el FN400 representa cierto grado de familiaridad con un estímulo.

En cuanto a la codificación, se han observado diferencias en los estímulos recuperados de manera explícita en comparación a aquellos olvidados, en forma de la onda DM (onda difference due to memory, diferencia debido a la memoria). Este potencial fue descrito por Paller et al. (1987) y corresponde a estímulos subsecuentemente recordados. Inicialmente se caracterizó como una onda relacionada a una codificación adecuada de memoria, que recientemente se ha descrito como un correlato de memoria explícita (Schott et al., 2002).

3.11 Análisis espectral del EEG

El uso de técnicas de procesamiento de una señal digital, incluyendo la transformada de Fourier, es esencial en el análisis cuantitativo moderno del electroencefalograma. Mientras la inspección visual no ha cambiado en los últimos 50 años, el poder computacional ha mejorado la eficiencia y la precisión de los métodos de análisis cuantitativo del EEG (Durka, 2007).

El electroencefalograma registrado es una señal de dos dimensiones, tiempo y voltaje (Nunez y Srinivasan, 2006). El análisis espectral es un método mediante el cual esta señal se procesa para observar las diferentes frecuencias que la constituyen. Los análisis de potencia absoluta y relativa dependen en la transformación de la señal registrada en el electroencefalograma, en el dominio del tiempo, a una señal en el dominio de la frecuencia. Para esto, se emplea la Transformación Discreta de Fourier o su versión corta la Transformada Rápida de Fourier, ambas derivadas de la

Transformada de Fourier. Descrita por Joseph Fourier, dicha transformada demuestra que cualquier onda se puede representar como la suma de ondas sinusoidales con diferentes frecuencias y fases (Cohen, 2014). Esta operación compleja (incluye números reales e imaginarios) representa la transformación matemática y tiene como objetivo identificar la contribución, llamada energía o potencia (*power*) y medida en μV^2 , de cada frecuencia a la onda final, así como la fase de estas frecuencias expresada en radianes (Durka, 2009; Cohen, 2014; Lyons, 2014).

En el estudio de los procesos mentales mediante el electroencefalograma, se han identificado una serie de ritmos electroencefalográficos según sus frecuencias dominantes medidas en Hz, o ciclos por segundo: El ritmo delta, que encubre ondas cuya frecuencia son entre .5 y 3.5 Hz; el ritmo teta, con frecuencias entre 4 y 8 Hz (Aunque véase la propuesta alterna de teta en humanos realizada por Jacobs, 2014); el ritmo alfa, con frecuencias entre 8 Hz y 12 Hz; el ritmo beta, con frecuencias entre 12 y 30 Hz. Estos son los ritmos más comúnmente estudiados en EEG cualitativo, y generalmente la señal electroencefalográfica se procesa utilizando un filtro pasabanda que solo permite la visualización y el análisis de frecuencias entre .5 a 30 Hz.

Sin embargo, también se puede considerar el ritmo gamma, con una frecuencia entre 30 y 90 Hz como importante para la investigación de los procesos cognitivos, pues se ha relacionado con un alto funcionamiento cerebral (Klimesch, 1999; Varela et al., 2001; Quigg, 2006; Staudigl y Hanslmayr, 2013), y recientemente con oscilaciones más altas (Lopes da Silva, 2013).

Las bandas gamma y teta se han relacionado con la memoria, en especial durante el proceso de codificación. Frieze et al. (2013), sugieren que la codificación exitosa de un estímulo depende de una interacción entre los procesos frontales y la representación parieto-occipital, la cual es mediada por una interacción entre estas dos bandas. Sin embargo, se ha reportado que la banda teta señala una interferencia durante el periodo de recuperación, perjudicando el proceso de memoria mediante la recuperación de memorias no relevantes (Staudigl et al. 2010). La banda gamma es considerada como una banda de activación, pues requiere la actividad de diversos dipolos trabajando en sincronía. Como se ha discutido en el apartado 3.6, es importante en la memoria

implícita al indexar ensambles neuronales (Gruber y Malinowski, 2004; Gruber y Müller, 2005; Schneider et al., 2015).

3.11.1 Análisis Tiempo-Frecuencia del EEG

Una desventaja de la transformada de Fourier es la pérdida del dominio del tiempo. Si bien se pueden captar una representación general y atemporal del procesamiento mediante la disección de la onda en diferentes frecuencias, el análisis espectral no permite la localización de las oscilaciones en el tiempo. Por ejemplo, dos señales con un contenido espectral idéntico, pero con variaciones temporales diferentes a diversas frecuencias proporcionarían un resultado idéntico mediante la transformada de Fourier. Además, el EEG se puede considerar una señal estacionaria, que se define como la homogeneidad de las propiedades estadísticas en diferentes puntos de la señal, únicamente en intervalos de corta duración (convirtiéndola en una señal casi estacionaria), mientras que señales más largas tienden a no ser estacionarias (Sanei y Chambers, 2008; Cohen, 2014). Es aún más importante el hecho de que la actividad cerebral varía en el tiempo ante el procesamiento de un estímulo, como se puede apreciar en los estudios de ERP. Un análisis de dichas señales requiere un procedimiento diferente, con diversas estrategias para cuantificar el rápido cambio de frecuencias. Se pueden agrupar estas herramientas bajo el análisis de tiempo-frecuencia (TF) que incluye el uso de la transformada corta de Fourier, el uso de wavelets y la transformada de Hilbert (Handy, 2005; Cohen, 2014; Hramov, 2014). Estas herramientas asumen estacionalidad en pequeños “segmentos” de corta duración, y mediante el uso de ventanas analizan la potencia de cada banda.

En breve, la transformada de wavelets es el resultado de la convolución entre el wavelet, que pondera la frecuencia de interés y el número de ciclos requeridos, y la señal original. El análisis de wavelets permite observar las oscilaciones fuera de fase. La potencia de estas oscilaciones no ligadas a la presentación del estímulo se pierde en el análisis de ERP, debido a la promediación de la señal (Nunez y Srinivasan, 2006; Luck y Kappenman, 2012). Esto permite el análisis de oscilaciones cuya fase no es constante en relación con el estímulo, pero que sin embargo ejerce un cambio sobre ellos, incluyendo la restauración de fase. Esto es una ventaja del análisis TF sobre los ERP. Una advertencia que se debe tomar en cuenta es que cualquier señal se

representará como una serie de oscilaciones, aunque no cumpla los requisitos fisiológicos para ello (Sauseng et al., 2007; Cohen, 2014; Luck, 2014).

Las oscilaciones de grupos neuronales han sido señaladas como correlato potente de la comunicación neuronal (Varela, 2001; Fries 2005; Lopes da Silva, 2013) debido a que ensambles neuronales espacialmente separados se unen funcionalmente para representar un estímulo en virtud de que cada uno de esos grupos “representa” (Grey et al., 1989) un rasgo del conjunto de rasgos constitutivos del objeto y eso se logra mediante la formación de ensambles neurales con mayor complejidad (Buzáki, 2006). También las oscilaciones, particularmente gamma y teta, pueden estar involucradas en la facilitación de la potencialización a largo plazo (Hanslmayr et al., 2011).

3.11.2 Estudios espectrales relacionados con la memoria

La gran mayoría de estudios de TF frecuencia durante la codificación involucra el estudio de SME (Subsequent memory effects por sus siglas en inglés), sinónimo al estudio de los efectos DM en el análisis de los ERP, en la memoria episódica (explícita). El SME hace referencia al análisis de cambios en las oscilaciones registradas, que se asocian a una codificación adecuada en comparación a una codificación no exitosa (Otten et al., 2006; Hanslmayr et al., 2012). Estos efectos se obtienen restando la actividad de los estímulos olvidados de los estímulos recordados posteriormente, con el propósito de aislar la actividad específica de la codificación exitosa.

Un ERS (Event related synchronization), registrado como un incremento en la potencia de la banda alfa se asocia a la inhibición funcional de áreas cerebrales irrelevantes para la tarea en cuestión, mientras que un ERD (Event related desynchronization), registrado como una disminución en la potencia, se relaciona con una activación (Klimesch, 1999). La actividad en frecuencias alfa se genera mediante circuitos de retroalimentación entre el tálamo y la neo corteza. Específicamente, la inhibición de relevos talámicos de información sensorial, incluyendo los núcleos ventroposteriolaterales el tálamo y núcleos geniculados laterales y mediales, produce actividad alrededor de 10 Hz (Bastiaansen y Hagort, 2003). Efectos como reactividad ante la apertura de ojos, disminución del ritmo mu en áreas motoras ante movimiento real o imaginado, y reducción de alfa en áreas auditivas contiguo a la presentación de un estímulo sonoro, respaldan esta postura.

En el caso de la memoria a largo plazo, Klimesch et al. (2010) postulan que la banda alfa superior (10-12 Hz) corresponde a un control direccional arriba-abajo. Se ha demostrado que esta banda se activa, registrada como un incremento en potencia, cuando existe una necesidad de control (Waldhauser et al., 2012). Similarmente, áreas irrelevantes para una tarea muestran un ERS en esta banda, mientras las áreas relevantes muestran un ERD. Se ha observado un incremento en el ERD acoplado a una recuperación adecuada de información durante una tarea de reconocimiento auditivo (Pesonen et al., 2006). Sin embargo, se observó un ERS de la banda alfa sobre regiones visuales. Esto se ha interpretado como una desactivación de áreas que pudieran competir con las áreas que necesitan procesar información relevante. Hanslmayr et al. (2012). Sin embargo, cuando no existe una competencia entre una serie de estímulos, se observa un ERD robusto de la banda alfa y beta. Adicionalmente, una mayor reducción de alfa se asocia al priming en regiones parietoccipitales (Gruber y Muller, 2006).

Mientras que la banda alfa muestra SME robustos, la banda teta muestra efectos más complejos. Notablemente, un ERS para estímulos recordados subsecuentemente en algunos estudios (Klimesch, 1996; Hanslmayr, 2011) pero un ERD en otros (Sedeberg et al., 2007; Burke et al., 2013). Sin embargo, todos los estudios remarcan la importancia de esta banda para la memoria, particularmente la memoria explícita, indudablemente influenciado por el hecho de que la neo corteza y el hipocampo se comunican a estas frecuencias (Bastiaansen y Hogort, 2003). Más aún, Summerfield y Mangles (2005) demostraron que la integración de rasgos contextuales con el ítem para aprender depende de un incremento en la banda teta a las mismas latencias. El efecto de la banda teta en la congruencia perceptual del contexto se corroboró en un estudio por Staudigl y Hanslmayr (2013). Kaplan et al., (2014) similarmente reportan mayor teta asociada a la recuperación de información espacial.

Debido a que diferentes oscilaciones probablemente tienen diferentes funciones fisiológicas, que dependen de los procesos que los sujetos realizan (Hanslmayr et al., 2009), es difícil poder interpretar un SME sin tomar en cuenta la tarea involucrada. Por ejemplo, a pesar de que varios estudios han demostrado que los incrementos en la banda teta pueden predecir la recuperación subsecuente de una memoria episódica (Lega et al., 2011), Staudigl y Hanslmayr (2013) demostraron que este efecto depende

del traslape del contexto durante la codificación y recuperación. Al manipular el contexto durante la codificación y la recuperación, estos autores demostraron que un incremento en t_{eta} pudiera tener el efecto opuesto si el contexto cambia entre la codificación y la recuperación, tomando al encuadre TAP como explicación de este fenómeno. Como lo remarcan los autores, el traslape entre la codificación y la recuperación desafortunadamente no es tomado en cuenta. El trabajo presente extendería este argumento a la clave usada, que como fue discutido en secciones anteriores es un elemento esencial en tareas de memoria.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe interés en entender los correlatos neuronales de los procesos cognitivos. Estos correlatos han ayudado a esclarecer la manera en cómo el cerebro humano procesa y filtra grandes cantidades de información del ambiente. Los correlatos también se han utilizado para la creación de técnicas de rehabilitación y mejoramiento conductual mediante herramientas como la retroalimentación neuronal e interfaz cerebro-computadora. Sin embargo, los correlatos neuronales de la memoria explícita e implícita y sus disociaciones aún no son totalmente conocidos. Agregando complejidad, dichas disociaciones pudieran variar dependiendo de los procesos activos durante la codificación y recuperación, aunque no se han realizado estudios directos al respecto. Este estudio pretendió ampliar el conocimiento de memoria explícita e implícita utilizando dos tipos de claves diferentes, raíces y fragmentos de palabras, para generar priming, y de ese modo cuantificar y contrastar la actividad eléctrica cerebral a nivel cortical de los dos tipos de memoria.

5. HIPÓTESIS

Con respecto a la memoria explícita, la memoria implícita se asociará a ERPs de mayor amplitud, mayor desincronización alfa en áreas parieto-occipitales; menor sincronización de teta durante la codificación; y con potenciales relacionados a eventos de menor amplitud en áreas parieto-occipitales y la ausencia del FN400 durante la recuperación.

Los ERPs y la actividad oscilatoria de raíces y de fragmentos mostrarán características similares en la memoria implícita.

6. OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar los Potenciales relacionados a eventos (ERP) y la actividad oscilatoria de los sistemas de memoria explícita e implícita en alumnos de licenciatura entre 18 y 25 años de Xalapa, Veracruz.

Objetivos Específicos

1. Analizar las respuestas conductuales asociadas con la memoria explícita e implícita.
2. Analizar los potenciales relacionados a eventos con la memoria explícita e implícita y para fragmentos y raíces durante la codificación y la recuperación.
3. Analizar los cambios espectrales relacionados con la codificación y recuperación de la memoria explícita e implícita y de fragmentos y raíces.

7. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo experimental y prospectivo.

Muestra

46 sujetos, 21 hombres y 25 mujeres, de 18 a 25 años, con estudios de licenciatura, de la ciudad de Xalapa, Veracruz. La muestra se adquirió por conveniencia, y consistió en quienes aceptaron participar en el estudio voluntariamente.

Criterios de inclusión

- Alumnos de licenciatura de Xalapa, Veracruz, México.
- Edad entre 18 y 25 años.
- Mujeres se encontraran al menos dos semanas después de su menstruación.

Criterios de exclusión

- Presencia de actividad Paroxística en el EEG clínico.
- Puntuaciones normalizadas menor a 85 en la prueba neuropsicológica NEUROPSI Atención y Memoria.
- Consumo de drogas de recreación 24 horas previo al registro del EEG.

Los procedimientos de este estudio se dividieron en tres fases: 1) Adquisición de estímulos, 2) prueba de estímulos y 3) adquisición de datos. La fase 1 y dos se pueden consultar en el apéndice A y B.

Adquisición de datos

La adquisición de la actividad eléctrica cerebral asociada a los sistemas de memoria explícita e implícita. Los sujetos que aceptaron participar, firmando una carta de consentimiento, participaron en dos sesiones. Durante la primera sesión se registraron los datos necesarios para corroborar que los sujetos cumplieran con los criterios de inclusión, incluyendo fecha de la última menstruación y si habían consumido drogas de recreación en las últimas 24 horas. Se aplicó la prueba neuropsicológica NEUROPSI Atención y Memoria para asegurar que los sujetos tenían una memoria y atención dentro de lo esperado para su edad. En la segunda sesión, participaron 60 sujetos universitarios (Figura 8).

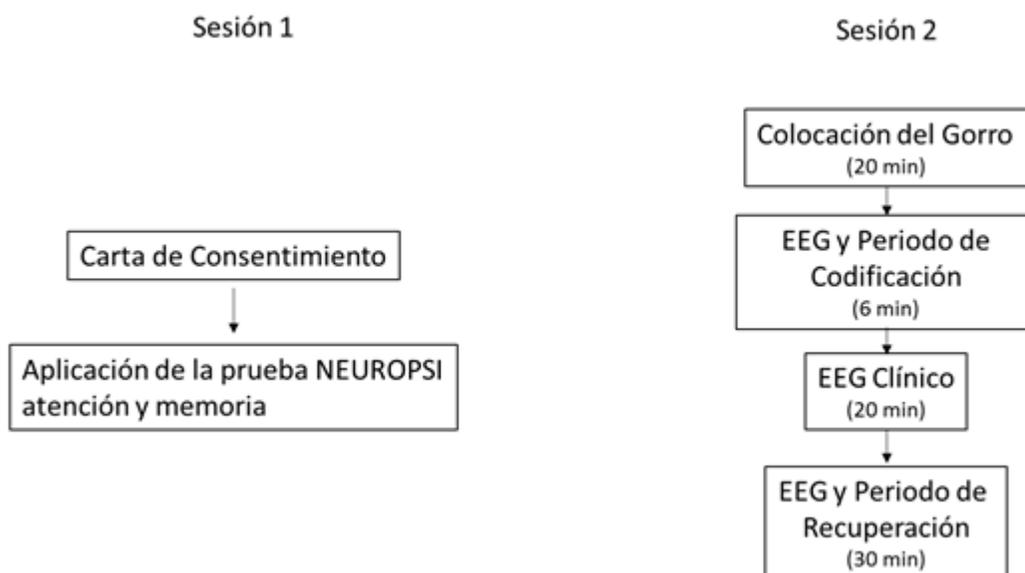


Figura 8. Esquema General del procedimiento para la adquisición de datos.

Prueba NEUROPSI atención y memoria

La prueba NEUROPSI es una herramienta estandarizada para evaluar los procesos de atención y de memoria en la población mexicana entre 6 y 85 años. En el caso de adultos, la NEUROPSI esta estandarizada para sujetos que: no tienen antecedentes de alteraciones neurológicas ni psiquiátricas; carecen de historial de alcoholismo o fármaco dependencia; no presentan limitaciones físicas que impidan la ejecución de la prueba; exhiben agudeza visual normal o corregida; son funcionalmente independientes (Ostrosky-Solís, 2003).

La prueba NEUROPSI atención y Memoria evalúa las siguientes cuatro áreas, divididas en 28 subpruebas:

I. Orientación: En esta área se evalúa el nivel de conciencia y estado general de activación. Consiste en las subpruebas de Tiempo, Espacio y Persona.

II. Atención y concentración: En esta área se evalúa la atención selectiva, atención sostenida y control atencional. Consiste en las subpruebas de: Retención dígitos progresión, Cubos progresión, Detección visual, Detección de dígitos y Series sucesivas.

III. Memoria: En esta área se evalúa la memoria sensorial, a corto plazo, y a largo plazo. Consiste en las subpruebas de: Retención dígitos regresión, Regresión de cubos, Curva de memoria, Pares asociados, Memoria lógica por historias, Figura Rey-Osterreth y Caras.

IV. Funciones ejecutivas: Esta área evalúa las funciones ejecutivas del individuo. Consiste de las subpruebas de: Formación de categorías, Fluidez verbal semántica, Fluidez verbal fonológica, Fluidez no verbal, Funciones motoras y la tarea de Stroop.

Las puntuaciones naturales obtenidas en cada área se convierten en puntuaciones normalizadas, que tiene una media de 10 y una desviación estándar de 3. Estas puntuaciones normalizadas permiten obtener un grado de alteración de las funciones cognitivas, clasificado en: 1) Normal alto (Puntuación de 116 en adelante), 2) Normal

(Puntuación entre 85 y 115), 3) Alteración Leve (Puntuación entre 70 y 84), 4) Alteración Severa (Puntuación de 69 o menos).

La prueba NEUROPSI se aplicó en la primera sesión con una duración de una hora

El electroencefalograma

Durante la segunda sesión (Figura 8), se realizó un EEG para obtener la actividad cerebral. Todos los sujetos indicaron si habían consumido drogas de recreación. Se usó un gorro de 62 canales activos colocados sobre el cuero cabelludo con base en el Sistema Internacional 10-20, y el equipo Synamps RT con el programa Curry 7. EL gorro contó con las derivaciones: FP1-FP2, AF3-AF4, F1-F2, F3-F4, F5-F6, F7-F8, FT7-FT8, FC1-FC2, FC3-FC4, FC5-FC6, C1-C2, C3-C4, C5-C6, T7-T8, TP7-TP8, CP1-CP2, CP3-CP4, CP5-CP6, P1-P2, P3-P4, P5-P6, P7-P8, PO3-PO4, PO5-PO6, PO7-PO8, CB1-CB2, O1-O2, FPZ, FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, POZ, OZ. Se colocaron cuatro canales bipolares, dos para registrar la actividad vertical y horizontal ocular, y dos para registrar el electro-cardiograma.

Los canales activos se registraron con un montaje referencial en línea, utilizando el mastoide izquierdo como referencia.

Los sujetos se sentaron en un sillón reclinable dentro de un cuarto iluminado. Se colocó el monitor del equipo Stim 2, 60 cm enfrente del sujeto.

La ejecución del EEG se dividió en tres periodos: Periodo de Codificación con EEG, Periodo de EEG Clínico y Periodo de Recuperación con EEG. El Periodo de Codificación con EEG tiene como objetivo registrar la actividad eléctrica cerebral relacionada con la codificación de estímulos.

El EEG clínico se utilizó para conocer la actividad eléctrica cerebral general del sujeto. Finalmente, en el Periodo de Recuperación con EEG se registró la actividad relacionada con la recuperación de las palabras memorizadas en el Periodo de Codificación con EEG.

Periodo de Codificación con EEG

En el periodo de codificación, se les presentaron a los sujetos las siguientes indicaciones en la pantalla del equipo Stim 2: "Cuenta el número de sílabas que

contiene cada palabra que aparezca, NO me digas tu respuesta hasta que se quite la palabra y aparezca una cruz. NO parpadees y NO te muevas mientras aparecen las palabras. Cuando aparezca una barra azul en la parte superior de la pantalla te podrás mover y parpadear si lo deseas. “

Comenzaremos con un breve ensayo”

Una vez que el sujeto indicaba estar preparado para la tarea, se presentaron las 120 palabras de la lista A, una a la vez, más 6 palabras de ensayo mediante el programa STIM 2 de Neuroscan. Se presentó cada palabra durante 1000 ms, seguida por la presentación de un punto de fijación en forma de cruz por 1500 ms (Figura 9).

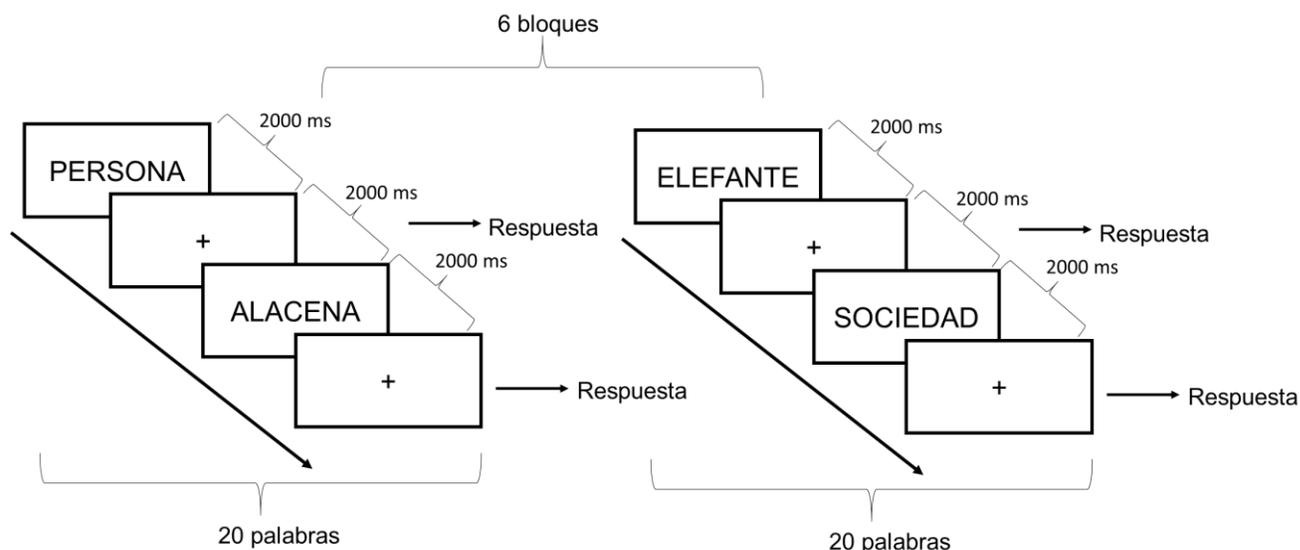


Figura 9. Esquema del Periodo de codificación.

Los sujetos contaron el número de sílabas de cada palabra. Esto corresponde a un nivel de procesamiento superficial, en donde el sujeto atiende a las características gráficas de una palabra sin tener que recurrir a al significado de la palabra, y fomenta el sistema de memoria implícita (Schacter, Chiu y Ochsner, 1993; Mulligan, Guyer y Beland 1999). Se les indicó a los sujetos del grupo experimental que cuenten el número de sílabas durante la presentación de la palabra, y que verbalicen su respuesta hasta cuando aparezca la cruz.

Las 120 palabras de la lista A se dividieron en 6 bloques de 20 palabras, con un breve descanso entre bloques. Se le especificó al sujeto no parpadear durante la presentación de palabras, y se le permitió parpadear durante el breve descanso entre cada bloque.

EEG Clínico

Se realizó un EEG clínico con duración de 20 minutos. En este periodo se registró la actividad cerebral con el propósito de determinar si estaba dentro de los límites normales para la edad. De la actividad registrada, se buscó la actividad base del sujeto: la frecuencia y amplitud que predomina en áreas posteriores. Se buscó si la actividad entre ambos hemisferios era simétrica y sincrónica. También se anotó la existencia de actividad paroxística en cualquiera de las tareas realizadas por el EEG clínico para subsecuentemente eliminar al sujeto de la muestra.

Se registró la actividad del EEG del sujeto durante la realización de las siguientes tareas (Ver Figura 10):

- I. Ojos cerrados por tres minutos.
- II. Ojos abiertos durante un minuto.
- III. Tres ensayos de reactividad, en donde el sujeto abrió y cerró sus ojos.
- IV. Hiperventilación. El sujeto hiperventiló durante tres minutos, incrementando la frecuencia de inhalación y exhalación en el segundo minuto.
- V. Recuperación de la hiperventilación: El sujeto permaneció con los ojos cerrados durante tres minutos, inhalando y exhalando a un ritmo normal.
- VI. Fotoestimulación: El sujeto, con ojos cerrados en vigilia relajada recibió una serie de estímulos fóticos emitidos durante tres minutos, mediante un monitor localizado a 60 cm de él. Dichos estímulos consisten en un patrón de tablero de ajedrez en blanco y negro. El patrón se invirtió a diferentes frecuencias: 10, 15, 20, 25 y 30 Hz. Cada frecuencia se presentó por 20 segundos.
- VII. Estímulo auditivo: Se presentaron tres estímulos auditivos mediante aplausos de alta intensidad.

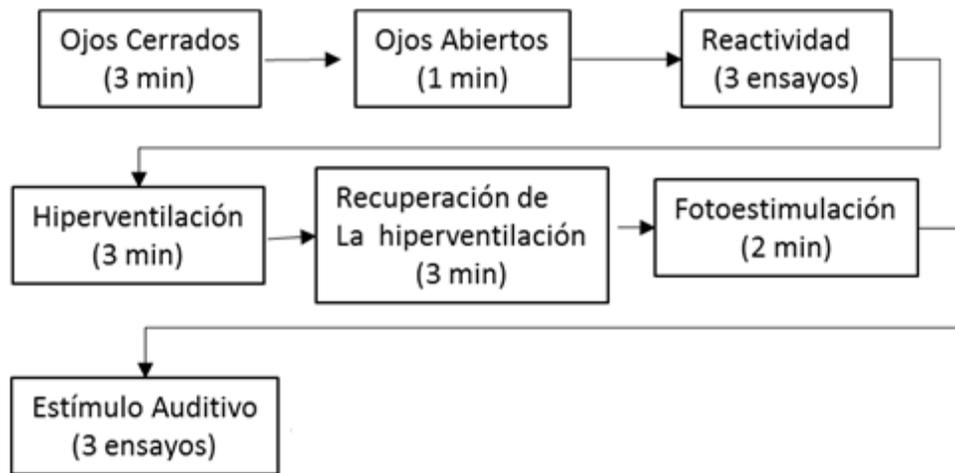


Figura 10. Tareas realizadas por el sujeto durante el EEG clínico.

La duración total de estas tareas fue entre 20 y 25 minutos.

Periodo de recuperación con EEG

El periodo de recuperación involucró el presentar estímulos como claves para la recuperación de información codificada previamente. Al inicio de este periodo, los sujetos leyeron las siguientes instrucciones:

“Completa en silencio, los fragmentos de palabras lo más rápido posible. Algunos fragmentos podrán ser completados con una palabra que viste en la primera lista que te mostré. Si los fragmentos pertenecen a una palabra nueva, complétalo con cualquier palabra que se te venga a la mente. Una vez que tengas tu respuesta, presiona el botón 1 del teclado si la palabra pertenece a una palabra de la lista anterior, o el botón 2 si es una palabra nueva. Después di en voz alta tu respuesta. NO parpadees y NO te muevas mientras aparecen las palabras. Cuando aparezca una pantalla en blanco te podrás mover y parpadear si lo deseas. Comenzaremos con un breve ensayo”.

Los 120 fragmentos y las 120 raíces de la lista AB (ANEXO 2) se agruparon en 12 bloques de 20 palabras, más 6 palabras de práctica. Las palabras de práctica fomentan que el sujeto se familiarice a la tarea y los tiempos indicados. Los fragmentos y raíces dentro de cada bloque fueron aleatoriamente acomodados mediante la asignación de un número aleatorio en el programa Excel y la acomodación de estos números con sus

respectivas palabras. Similar al periodo de codificación, en medio de cada bloque se proporcionó un breve periodo de descanso.

La presentación de los fragmentos y las raíces, fue individual con una duración de 2000 ms por cada estímulo. Los sujetos debían usar el *Response Pad* para el registro de las respuestas conductuales. El *Response Pad* estaba sincronizado con el equipo de EEG, por lo que cuando un botón se presionaba, aparecía una marca simultáneamente en el EEG. Como lo indican las instrucciones, el sujeto debía oprimir el botón 1 con su mano derecha si reconocía la palabra o el botón 2 si el sujeto considera que la palabra era nueva.

Después de cada fragmento, apareció una cruz con duración de 2000 ms. El sujeto verbalizaba su respuesta en este periodo de 2000 ms si logró completar el estímulo. El programa Stim 2, automáticamente cambiaba a la siguiente palabra después de 2000 ms, independientemente de la respuesta del sujeto (Ver Figura 11). Mediante una grabadora externa, se grabaron las respuestas verbales de los sujetos.

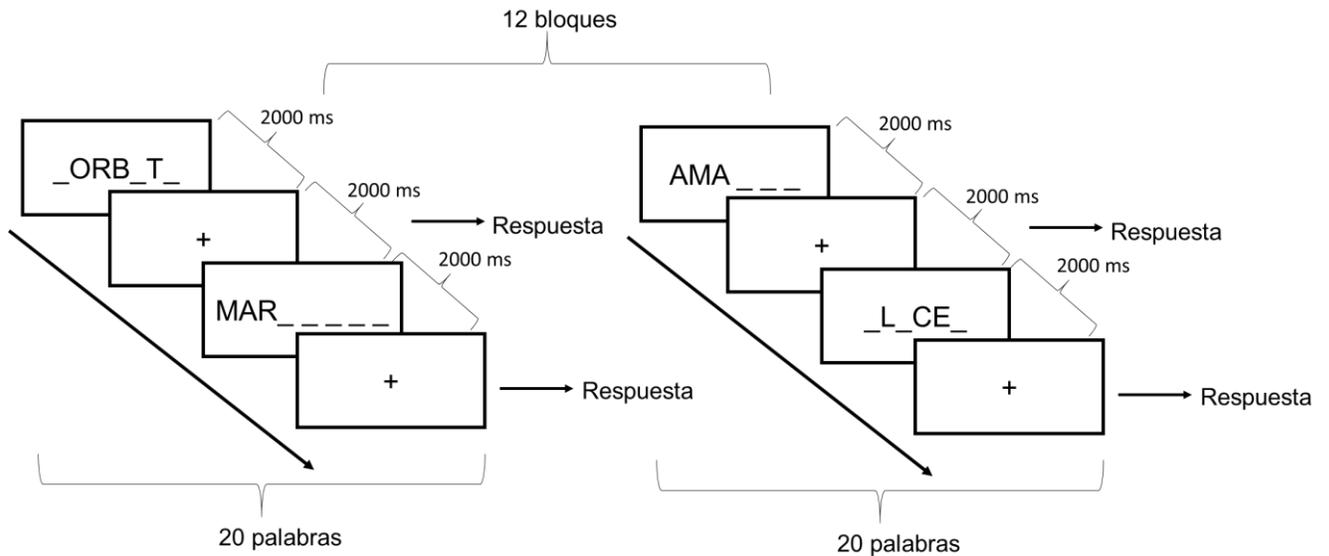


Figura 11. Esquema del Periodo de Recuperación. Las claves, raíces o fragmentos de palabras fueron presentadas con una duración de 2000 ms en donde el sujeto debía completarlas. Una vez que la clave era sustituida por una cruz los sujetos verbalizaban su respuesta, e indicaban si reconocían a la palabra como presente en el periodo de codificación.

Análisis de la fase 3

Análisis conductuales (Objetivo 1)

Se calcularon los niveles de priming en los sujetos, que fueron expuestos a la lista A en el periodo de codificación, observando si completaron más fragmentos y raíces que fragmentos y raíces de la lista A en comparación a la lista B (línea base). El priming se calculó mediante la siguiente fórmula (Neath y Surprenant, 2003; Razumiejczyk et al., 2008):

$$\text{Priming} = M/N - B/N$$

Donde M es el número de estímulos de la lista A completados correctamente en la lista AB. B es el número de estímulos de la lista B completados correctamente en la lista AB y N el número de estímulos por lista.

También se realizó una prueba de t pareada (o equivalente no paramétrico en caso de violación de los criterios de homogeneidad de varianza y normalidad) para analizar las diferencias entre la tasa de completar estímulos recordados y palabras nuevas (Figura 12). La magnitud de este efecto se cuantificó usando el índice de *d* de Cohen.

Posteriormente, se analizó las diferencias entre tipo de estímulos (fragmentos y raíces completados correctamente pero no reconocidos o recordados adecuadamente como previamente presentados) mediante un ANOVA de medidas repetidas de dos vías (o con su equivalente no paramétrico), con el sexo y tipo de estímulos como factores.

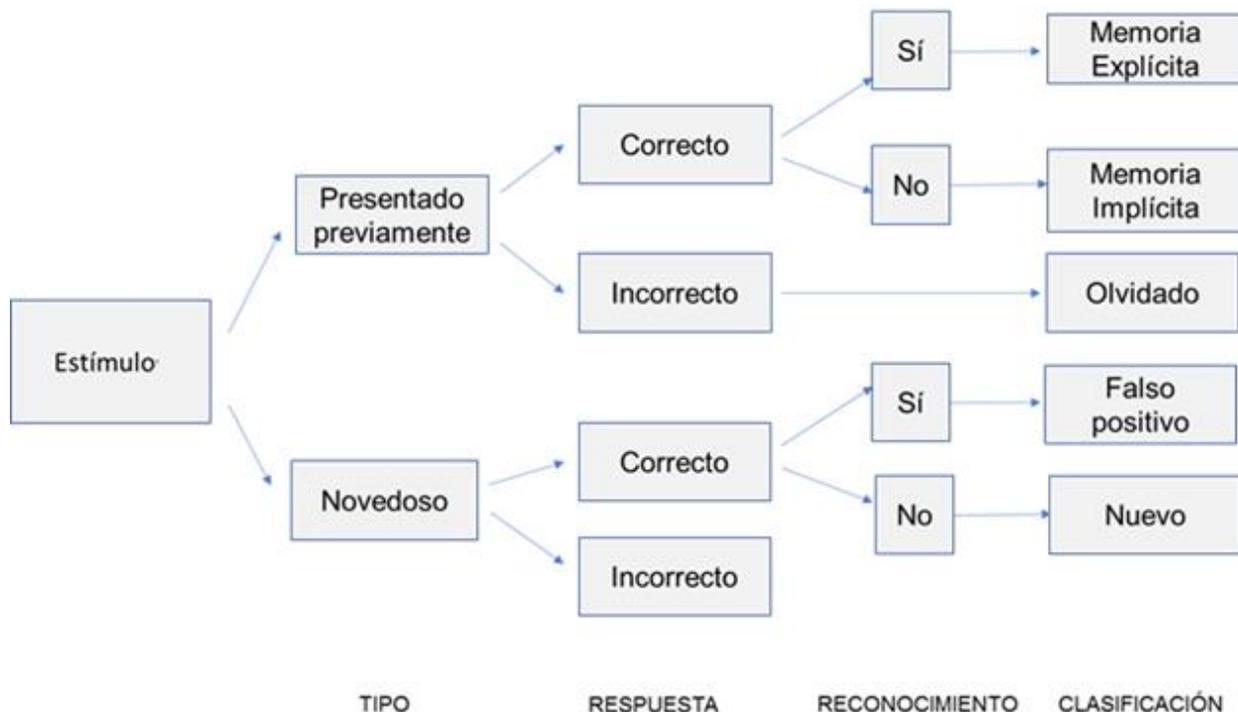


Figura 12. Esquema de división de respuestas conductuales. Se muestran las diversas clasificaciones de respuestas conductuales de acuerdo con el tipo de estímulo.

Se analizó la relación entre el grado de información aportada por las claves y el grado de similitud entre las claves y la proporción de respuestas correctas por los sujetos. La medida de respuestas correctas consistió en el conteo de soluciones correctas dadas por los sujetos. Debido a esto, la variable resultó ser una variable de conteo.

Para medir el grado de información, se dividieron las palabras en tres segmentos y se les asignó 4.41 3.35 y 4.21 bits para las palabras de los fragmentos y raíces de acuerdo a su ubicación: iniciales, medios y finales respectivamente. Se sumó el número de bits aportados por las palabras fragmentadas y se correlacionaron con la frecuencia de respuestas correctas emitidas por los sujetos.

El contraste entre el nivel de similitud y las respuestas emitidas consistió en la cuantificación de la redundancia de las letras entre estímulos. Para este fin, se crearon

vectores para cada clave (fragmentos y raíces) cuyos valores consistían en la comparación letra por letra de la clave con el resto de las palabras antiguas. Si la letra de la clave era idéntica a la letra de la palabra antigua, se le asignaba un valor de 1 y en el caso contrario 0.

Subsecuentemente se cuantificó el grado de similitud entre la clave y el estímulo en memoria de acuerdo con el modelo de características propuesto por Nairne (2006), en donde la similitud entre una clave i y un estímulo en memoria j se define por la siguiente fórmula:

$$S_{ij} = e^{-m_{ij}}$$

Donde m_{ij} es el número de elementos diferentes dividido por el total de elementos comparados. En este caso, la presencia de la misma letra en la misma posición para la clave y la palabra original se consideró como un elemento igual y el resto como elementos diferentes. El número de elementos comparados correspondió a la longitud del elemento más grande. Por lo tanto, el fragmento p_r_o y la palabra perro tienen dos elementos diferentes de cinco comparados.

Una vez calculada la similitud entre la clave y el estímulo en memoria se puede obtener la probabilidad de recuperar el estímulo j dado la clave i :

$$P(\text{Item}_j | \text{Clave}_i) = \frac{S_{ij}}{\sum_{k=1}^n S_{ik}}$$

De acuerdo con el modelo de características, la probabilidad de que una clave recupere la información adecuada depende tanto de la similitud entre la clave y el estímulo en memoria como de la similitud entre la clave y el resto de estímulos en memoria.

Estos valores fueron obtenidos para cada palabra, y se correlacionaron con el número total de respuestas correctas emitidas divididas por categorías (memoria explícita memoria implícita) y de acuerdo con el tipo de clave (fragmentos y raíces).

Se calculó el índice de sensibilidad d' para observar lo eficaces que eran los sujetos

El índice d' se define por la fórmula:

$$d' = \Phi^{-1}(H) - \Phi^{-1}(FA)$$

Donde H es la proporción de aciertos, FA la proporción de falsos positivos, y Φ^{-1} es la transformación a puntajes z de las proporciones (Stanislaw y Todorov, 1999; Kahana, 2012).

Preprocesamiento del EEG

El registro del EEG se analizó con base en las respuestas conductuales de los sujetos realizadas en el Stim pad. Se utilizó el toolbox FIELDTRIP de MATLAB 2014 para los análisis de EEG. Se separaron las respuestas correctas (en la lista AB) proporcionadas por los sujetos en 3 categorías. Aquellas palabras de la lista A que los sujetos identificaron correctamente como previamente vistas fueron clasificadas como memoria explícita. Las palabras que los sujetos contestaron correctamente, pero erróneamente identificaron como palabras nuevas fueron clasificadas como memoria implícita. Finalmente, aquellas palabras que los sujetos clasificaron correctamente como palabras que no fueron previamente vistas se clasificaron como palabras nuevas. En el caso del periodo de codificación, se identificaron las palabras olvidadas subsecuentemente en lugar de palabras nuevas.

El EEG de los sujetos fue re-referenciado a la referencia del promedio común. Se interpolaron las derivaciones que contenían principalmente artefactos detectados mediante inspección visual, sin exceder 6 interpolaciones (~10% de los canales activos) por sujeto. El EEG fue segmentado en épocas ligadas a la presentación de una palabra o clave. Estos segmentos fueron sometidos a inspección visual donde se excluían de análisis subsecuentes aquellos que presentaran artefactos, con excepción de artefactos generados por movimientos oculares. Para reducir la contribución de los artefactos oculares en análisis subsecuentes, se utilizó análisis de componentes individuales (ICA) utilizando la implementación del algoritmo infomax para identificar, eliminar y re-proyectar el resultado al espacio de EEG. Finalmente, los segmentos de EEG asociados a eventos se obtuvieron para cada una de las categorías previamente mencionadas, es decir, para la memoria implícita, explícita y palabras nuevas/olvidadas.

Análisis de ERP (Objetivo 2)

Se obtuvieron las épocas de los ERP relacionados a los diversos eventos cognitivos extrayendo de -500 ms a 1500 ms alrededor de la presentación del estímulo.

Subsecuentemente se promediaron las épocas para obtener el ERP, excluyendo aquellas épocas que contenían actividad mayor o menor a los 75 μV y -75 μV , respectivamente. Aquellos sujetos que no presentaban por lo menos 5 épocas por categoría, incluyendo la división entre fragmentos y raíces, fueron eliminados por falta de una proporción señal-ruido aceptable.

Se promediaron los ERP de los sujetos para cada condición: memoria explícita, implícita, implícita raíces, implícita fragmentos, y palabras nuevas. Este promedio generó los ERP generales para cada condición.

También se obtuvieron potenciales según el nivel de similitud e información de los estímulos. Para esto, se categorizaron las claves que correspondían a las palabras antiguas de acuerdo con la similitud total en dos grupos: similitud baja y similitud alta. Posteriormente se obtuvieron ERP para cada uno de los grupos de manera individual y se realizó una t pareada tomando similitud como factor.

Los análisis estadísticos de los datos electroencefalográficos se realizaron mediante aleatorizaciones de Montecarlo usando 1000 iteraciones y el estadístico de interés. Para la corrección por comparaciones múltiples, se utilizó la tasa de falsos descubrimientos (FDR por sus siglas en inglés) para corregir el nivel de significancia. Para una discusión de los métodos implementados véase Maris y Oostenveld (2007).

Para el análisis inferencial de los ERP, debido a la violación del supuesto de independencia entre potenciales, se utilizó la prueba de t pareada y la prueba de Wilcoxon Rank Sum cuando los datos no cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Los valores de amplitud promedio para aquellas latencias que presentaron diferencias en el ERP general se contrastaron entre los tipos de memoria y palabras nuevas, así como entre los ERP de fragmentos y raíces.

Análisis espectral de los ERP (Objetivo 3)

El análisis tiempo-frecuencia se realizó mediante la transformada de wavelets, utilizando wavelets de 5 ciclos para el análisis de frecuencias de 1 a 30 Hz con pasos de .5 Hz. Se obtuvo el contenido espectral para 4 bandas: Delta (1-3.5 Hz), Teta (3.5-8 Hz), Alfa (8-12 Hz) y Beta (12-30 Hz), promediando las frecuencias que abarca cada banda. Este espectro de potencia se obtuvo para cada ensayo y se promedió para cada

sujeto de acuerdo con la categoría a la que correspondía. Finalmente se obtuvo el gran promedio considerando a todos los sujetos según las condiciones de interés.

El análisis estadístico de los resultados tiempo frecuencia fueron analizados mediante el análisis de clusters con el estadístico de t pareadas (dos colas) individuales, utilizando pruebas de permutación (1000 iteraciones) con corrección para la tasa de descubrimientos falsos (FDR por sus siglas en inglés) para la corrección por comparaciones múltiples.

8. RESULTADOS

Los resultados de este apartado corresponden a los objetivos planteados y la hipótesis general. Se presentará en breve una descripción de la muestra final, seguido por los resultados de las pruebas conductuales (objetivo 1) y los resultados del análisis de ERP (objetivo 2) y actividad oscilatoria (objetivo 3) Para una discusión detallada de los resultados del procedimiento (Fase 1 y 2) en la adquisición de estímulos véase el anexo 2. Para resultados complementarios a la fase 3 pero que no responden directamente a la hipótesis en cuestión véase el anexo 3.

Descripción de la muestra

La muestra analizada consistió en 56 sujetos de los cuales se eligieron 33 sujetos con edad promedio de 21 años 5 meses (D.S. + 1.6 años), 15 hombres y 18 mujeres. El resto de los sujetos fueron excluidos por la baja cantidad de épocas disponibles para el análisis de EEG. La proporción de las carreras de licenciatura de los participantes se distribuyó de la siguiente manera: Psicología (67%), Pedagogía (9%), Medicina (6%), Ingeniería (6%), Enfermería (3%), Nutrición (3%) y Administración (3%). El resultado en la prueba NEUROPSI Atención y memoria estuvo dentro de los límites esperados para su edad y nivel de educación para todos los alumnos y no existieron diferencias significativas entre áreas de formación.

Respuestas conductuales durante el registro del EEG

En promedio, los sujetos completaron correctamente 37 palabras incompletas correspondientes a la lista A y 19 a la lista B, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($t(32)=16.5$, $p<.001$). La diferencia resultó tener un tamaño de efecto grande ($d=3.6$). No existieron diferencias en los niveles de priming totales entre mujeres y hombres ($t(32)=.41$, $p=.67$, $d=.14$) ni en la línea base ($t(32)=1.37$, $p=.17$, $d=.5$). De acuerdo con la fórmula detallada en la metodología, la cantidad de priming fue de .15. El valor de d' promedio fue de $.7 \pm .3$.

Al analizar las diferencias entre tipo de estímulo y por tipo de memoria, se encontraron diferencias estadísticamente significativas por tipo de estímulo ($F(1)= 30.59$, $p<.001$), por tipo de memoria ($F(2),=15.9$, $p<.001$) y en la interacción entre ambos factores ($F(1)=13.3$, $p<.01$) (Figura 13).

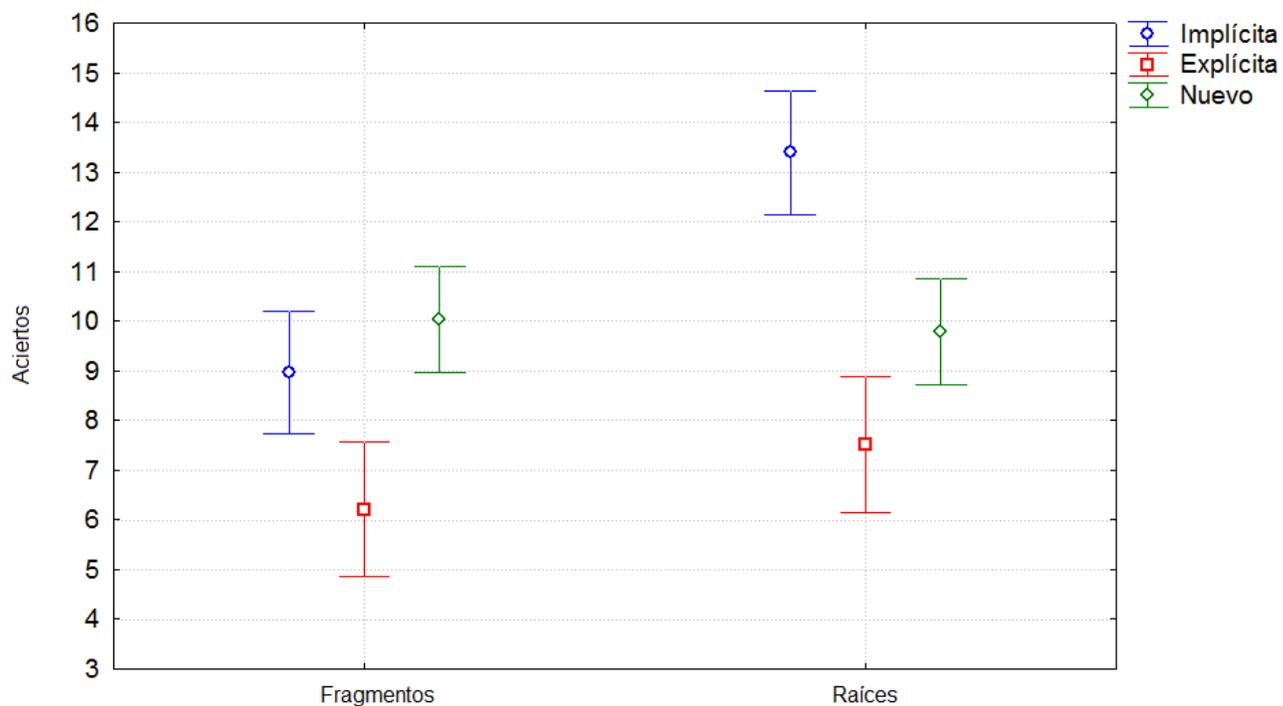


Figura 13. Diferencias entre tipo de clave (fragmentos o raíces) por respuesta conductual (memoria implícita, explícita, o estímulos nuevos). Barras de error muestran + intervalo de confianza de 95%.

Los análisis post-hoc mostraron diferencias entre la cantidad de fragmentos nuevos y la memoria explícita ($q=5.92$, $p<.01$), pero no con la memoria implícita ($q=1.6$, $p=.41$); mientras que se encontraron diferencias entre la memoria explícita e implícita ($q=4.21$, $p<.01$). Al analizar el número de aciertos por raíces se encontraron diferencias entre raíces nuevas y memoria explícita ($q=9.14$, $p<.001$), e implícita ($q=5.6$, $p<.001$) y entre la memoria explícita e implícita ($q=3.1$, $p=.03$).

Los análisis post-hoc dentro de cada tipo de respuesta mostraron diferencias entre fragmentos y raíces para la memoria explícita ($q=10$, $p<.001$), e implícita ($q=2.9$, $p<.001$) pero no para los estímulos nuevos ($q=.5$, $p=.7$).

Al analizar el contenido de información de cada clave de acuerdo con las letras proporcionadas mostró que los fragmentos proporcionaban más información (15.67 bits) que las raíces (13.38 bits), mostrado en la prueba de t ($t(59)=5.2, p<.001$). Sin embargo, el análisis de correlación entre el contenido de información y la proporción de sujetos que completaron la clave correctamente no fue significativo bajo la hipótesis nula.

En el análisis de similitud se encontró una asociación entre el grado de similitud (entre la clave y el resto de los estímulos) y la proporción de respuestas correctas (Tabla 2). Los fragmentos mostraron tener mayor similitud total que las raíces ($t(59)=3.1, p=.003$). Más aún, el análisis de correlación demostró una asociación negativa a la similitud total ($\rho = -.29, p<.001$) a la cantidad de respuestas correctas para ese estímulo. Las claves correspondientes a palabras nuevas mostraron una correlación menor ($\rho=-.22$) con tendencia significativa ($p=.055$).

Valor	Respuestas Correctas	Reconocimiento	Priming
S_{ij}	-.22	-.03	-.16
$\sum_{k=1}^n S_{ik}$	-.34*	-.22*	-.38*
$P(\text{Item}_i \text{Clave}_i)$.29*	.22*	.28*

Tabla 2. Correlaciones entre los valores del modelo de características y el promedio de respuestas correctas emitidas por los sujetos. * indica significancia a $p<.001$.

Potenciales relacionados a eventos de la codificación de la memoria explícita e implícita

Los potenciales relacionados a la memoria explícita, implícita y estímulos nuevos en Fz mostraron las ondas N1 y P2, los cuales se consideran componentes principalmente perceptuales y exógenos. Existió una deflexión negativa entre los 200 y 500 ms para las tres condiciones (Figura 14). No existieron diferencias significativas entre las tres ondas.

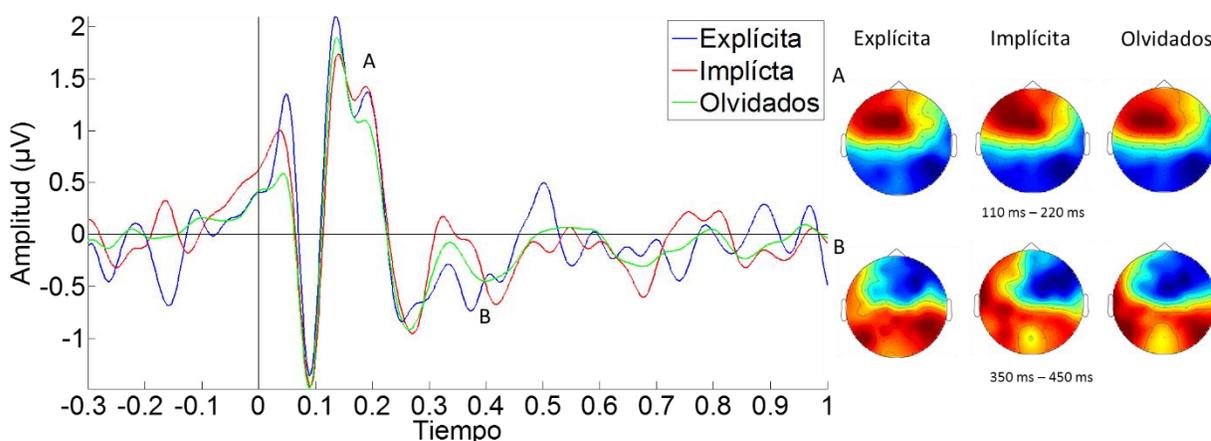


Figura 14. ERP durante la codificación de 28 sujetos en la derivación Fz. En la izquierda se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías de los componentes marcados con letras para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos subsecuentemente olvidados (Verde). Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas.

En el electrodo Cz (Figura 15), existió una diferencia significativa entre el ERP de los estímulos de la memoria explícita y de la memoria implícita de los 500 a 700 ms ($t(27) = 2.33, p=.03$) y entre los ERP de la memoria implícita y ERP de estímulos olvidados ($t(27) = -3.4, p=.006$). El ERP de la memoria explícita tuvo mayor voltaje (.33 μV) que el ERP de los estímulos olvidados (.21 μV) y el de la memoria implícita (-.02 μV).

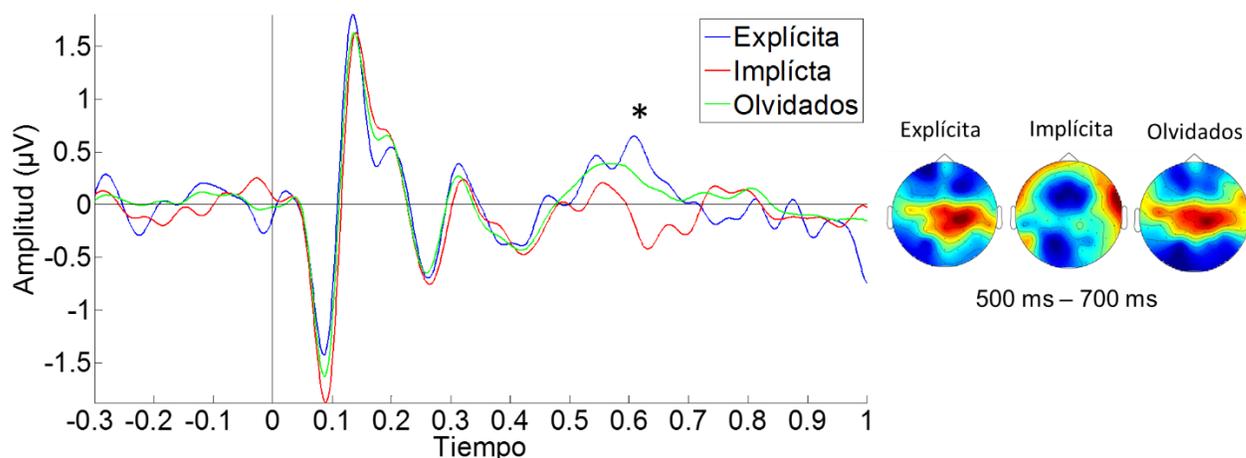


Figura 15. ERP durante la codificación de 28 sujetos de las tres condiciones en el electrodo Cz. En el lado izquierdo se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías del componente marcado con asterisco para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos subsecuentemente olvidados (Verde). Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas. * $p=.03$.

En el electrodo PZ (Figura 16) se observó una deflexión a los 300 ms. Se encontraron diferencias significativas entre la memoria explícita y la memoria implícita ($t(27) = 3.1, p=.006$), y entre la memoria explícita y los estímulos olvidados ($t(27) = 2.4, p = .03$) de los 500 a 700 ms. La amplitud del ERP fue mayor para la memoria explícita (.27 μV) que para la memoria implícita (.01 μV) y las palabras olvidadas (.124 μV). La topografía de las deflexiones fue centro parietal para los ERP de la memoria explícita y estímulos nuevos, y frontal para el ERP de la memoria explícita.

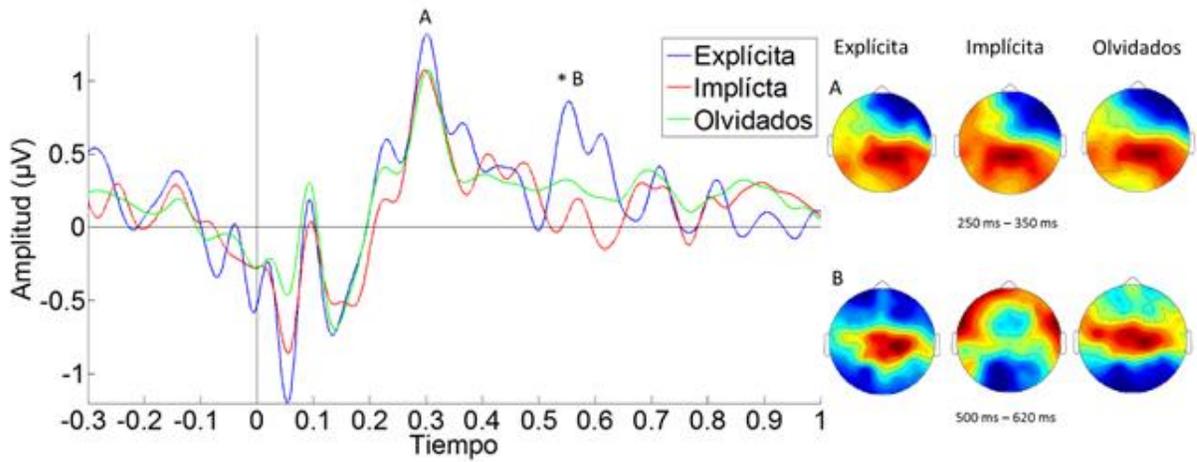


Figura 16. ERP durante la codificación de 28 sujetos en la derivación Pz. En la izquierda se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías de los componentes marcados con letras para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos subsecuentemente olvidados (Verde). Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas. * $p=.006$

Análisis tiempo frecuencia del efecto de memoria subsecuente

En el efecto de memoria subsecuente (SME) contrastando estímulos posteriormente recordados y estímulos posteriormente olvidados se observaron cambios en la banda alfa (10 Hz) y en la banda teta (6 Hz). En la banda alfa una disminución de la potencia a partir de los 500 ms favoreció el recuerdo subsecuente. En contraste, se observó un incremento en la banda teta a partir de los 300 (Figura 17).

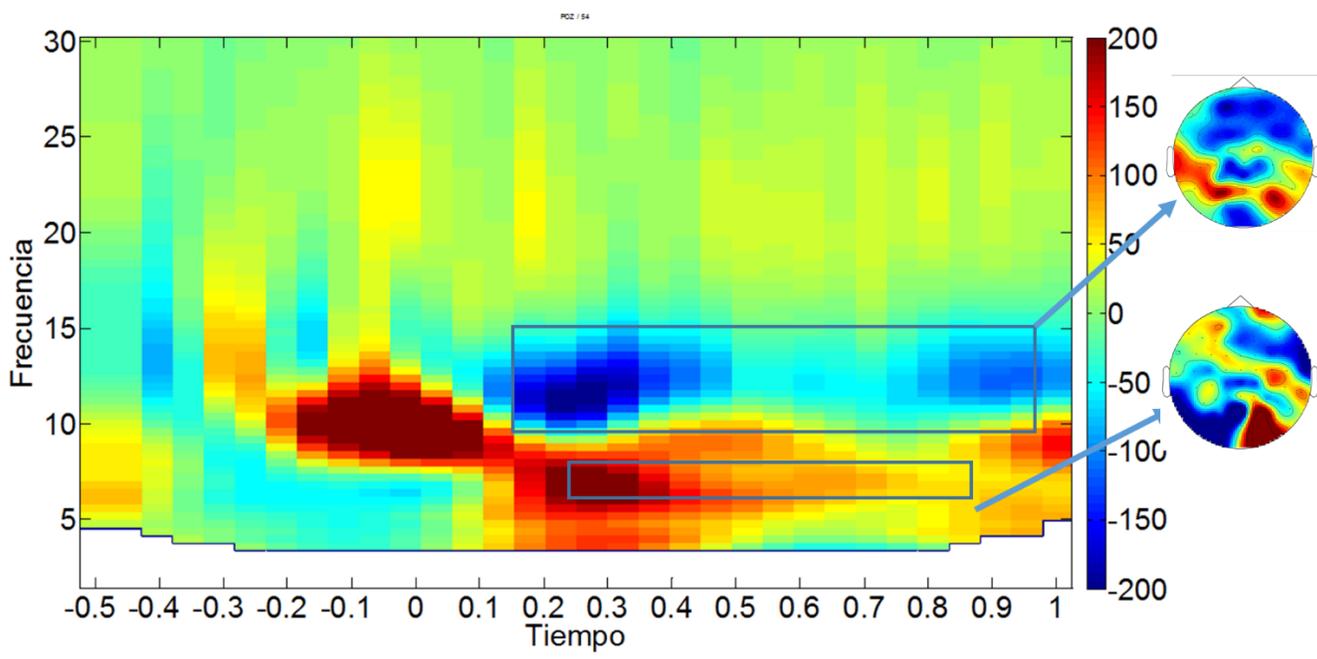


Figura 17. SME de la memoria explícita. Se muestran los cambios de potencia (μV^2) a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

El análisis de clusters apunta que el mayor efecto se centra en el lóbulo frontal izquierdo para la banda teta (Figura 18).

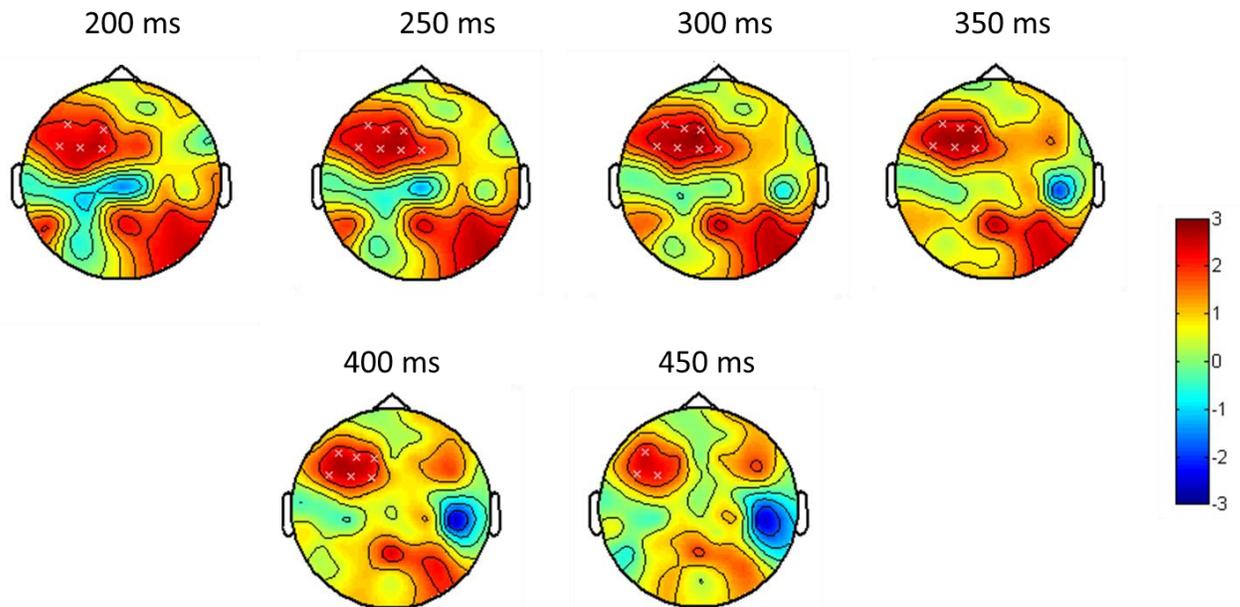


Figura 18. Resultados significativos de 28 participantes (* = p corregido <.05) del análisis de clusters para palabras subsecuentemente recordadas. Los resultados fueron promediados sobre la banda teta. Colores cálidos muestran valores de t positivos y colores fríos valores de t negativos.

En cuanto a las diferencias en el SME de los estímulos asociados con la memoria implícita y los estímulos olvidados, existió una desincronización en la banda alfa sobre regiones parieto-occipitales y en el área frontal derecha ($p < .05$). Similarmente al SME de la memoria explícita, existió un incremento en la banda teta, aunque se mostró con menor potencia (Figura 19) y no sobrevivió a la corrección por comparaciones múltiples.

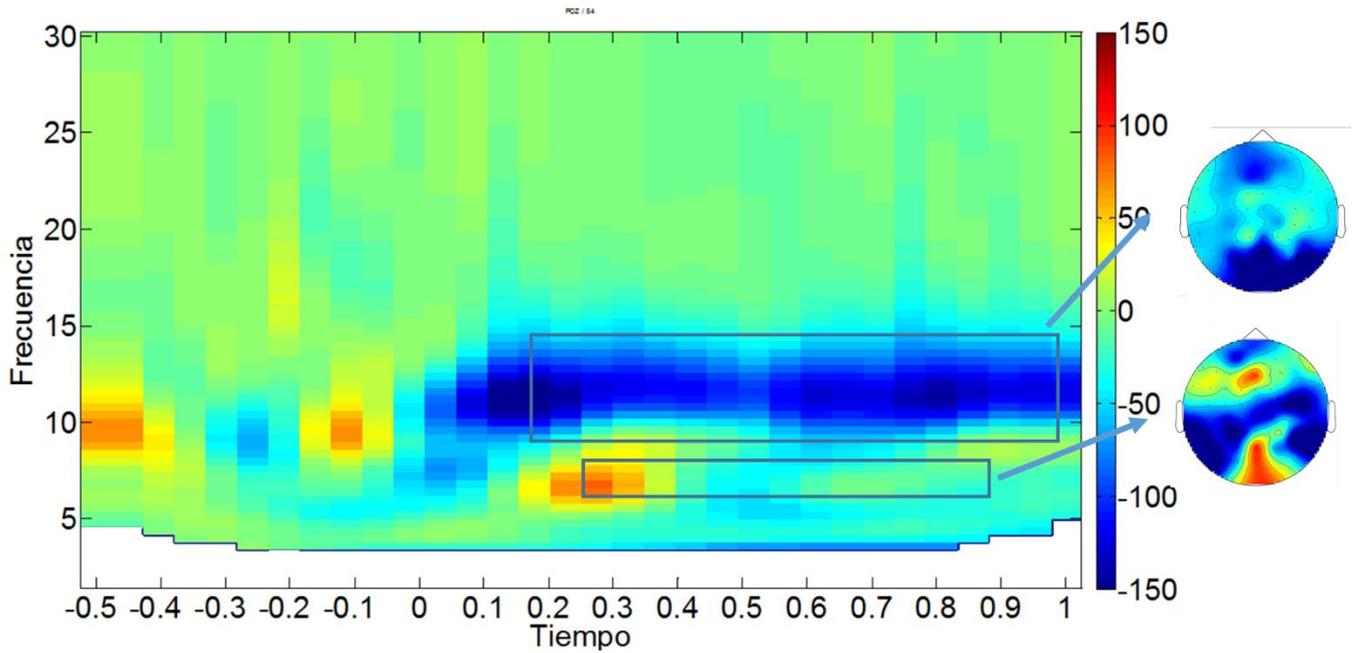


Figura 19. SME de la memoria implícita en POZ. Se muestran los cambios de potencia a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

El análisis de clúster mostró diferencias estadísticamente significativas en la banda alfa para SME de memoria implícita (Figura 20). Las diferencias ($t_{sum} = 281$, p corregido $< .05$) fueron más prominentes en zonas frontales y parietoccipitales del lado izquierdo.

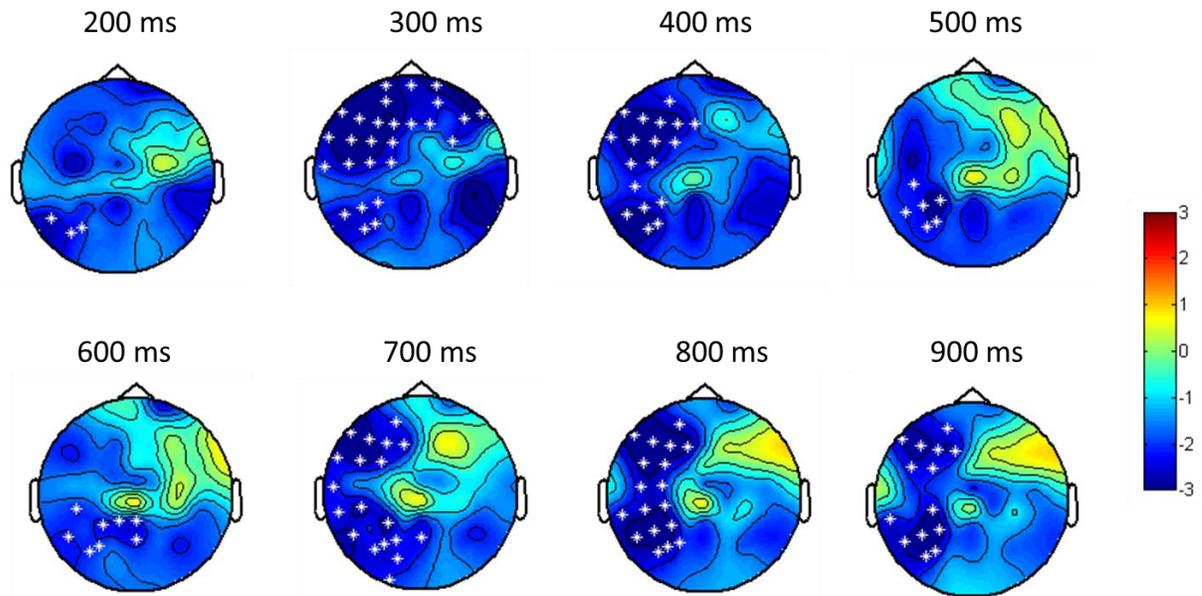


Figura 20. Resultados significativos (*p corregido<.05) mostrado por análisis de clusters para la memoria implícita. Colores cálidos muestran valores de t positivos y colores fríos valores de t negativos.

Los efectos de las palabras de la memoria implícita agrupadas por fragmentos y raíces fueron diferentes. El SME de los fragmentos únicamente mostró incremento en la banda teta mientras las raíces mostraron un efecto en la banda alfa (figura 21). Sin embargo, el análisis de clusters no mostró diferencias significativas entre tipo de estímulo.

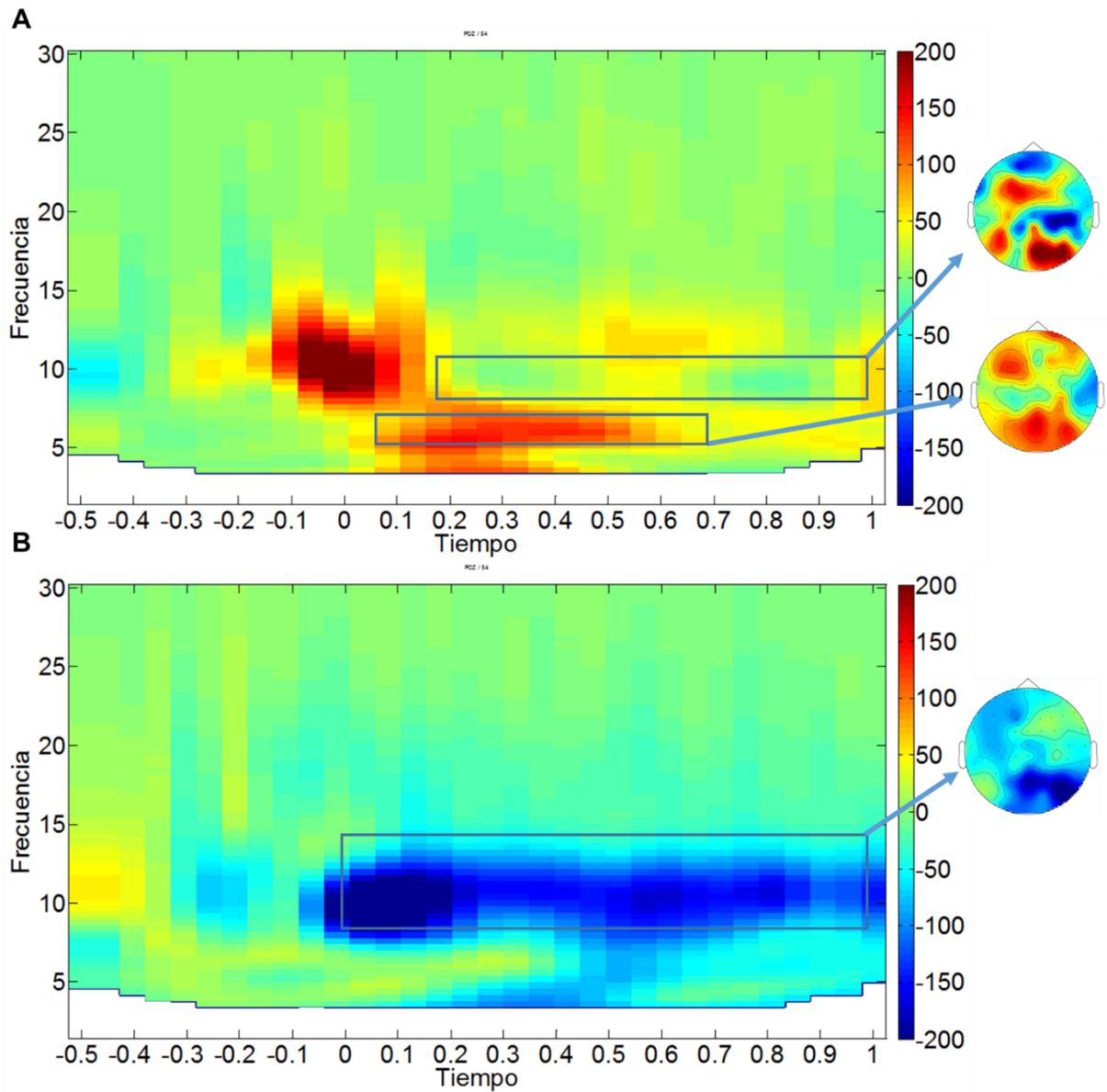


Figura 21. SME de la memoria implícita por fragmentos (A) y raíces (B) en POZ. Se muestran los cambios de potencia a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

Potenciales relacionados a la fase de recuperación

Los ERP de las distintas condiciones fueron contrastados con los ERP relacionados a palabras nuevas, el cual se tomó como línea base.

Se encontró una negatividad en la derivación Fz de los 350 a los 500 ms, con una amplitud promedio de $-.14 \mu\text{V}$ (DS + $1.06 \mu\text{V}$) con una distribución central izquierda. Este puntaje fue menor en términos de voltaje absoluto en comparación con la amplitud de $-.33 \mu\text{V}$ (DS + $.7 \mu\text{V}$) obtenida del potencial relacionado a la memoria implícita y al potencial relacionado a palabras nuevas de $-.28 \mu\text{V}$ (DS + $1.07 \mu\text{V}$) (Ver Figura 22).

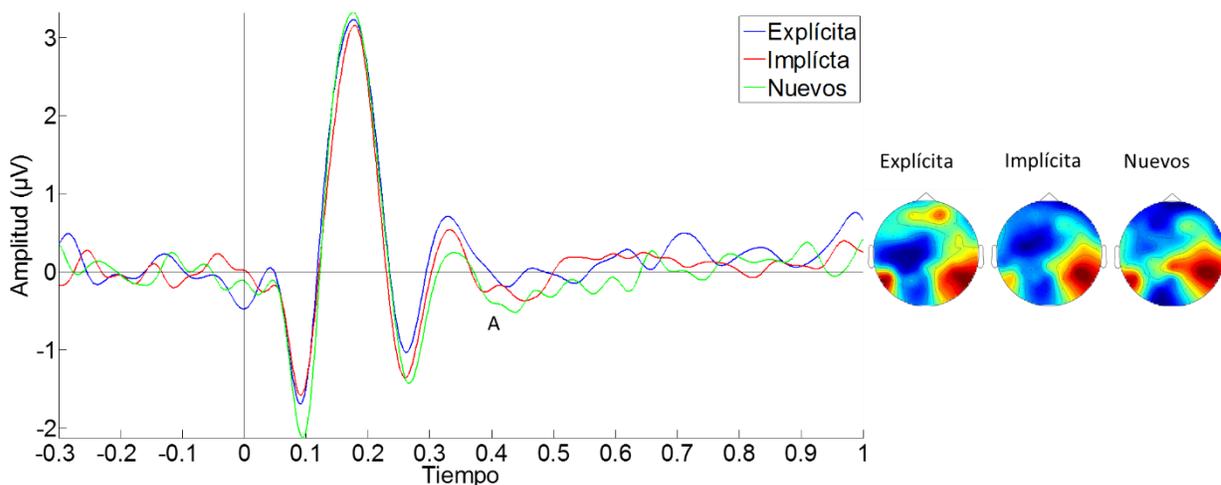


Figura 22. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Fz. En la izquierda se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías del componente marcado con letras para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos nuevos (verde). Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas.

Existió una positividad mayor el ERP de la memoria explícita con $.26 \mu\text{V}$ (DS + $.67 \mu\text{V}$) en relación a los ERP de la memoria implícita con $-.02 \mu\text{V}$ (DS + $.55 \mu\text{V}$) y de estímulos nuevos con $-.06 \mu\text{V}$ (DS + $.67 \mu\text{V}$) entre los 700 y 800 ms (Figura 23). Estas diferencias

fueron estadísticamente significativas ($F_{(65)}=10.1$, $p=.02$), aunque únicamente el electrodo FP1 sobrevivió la corrección por FDR.

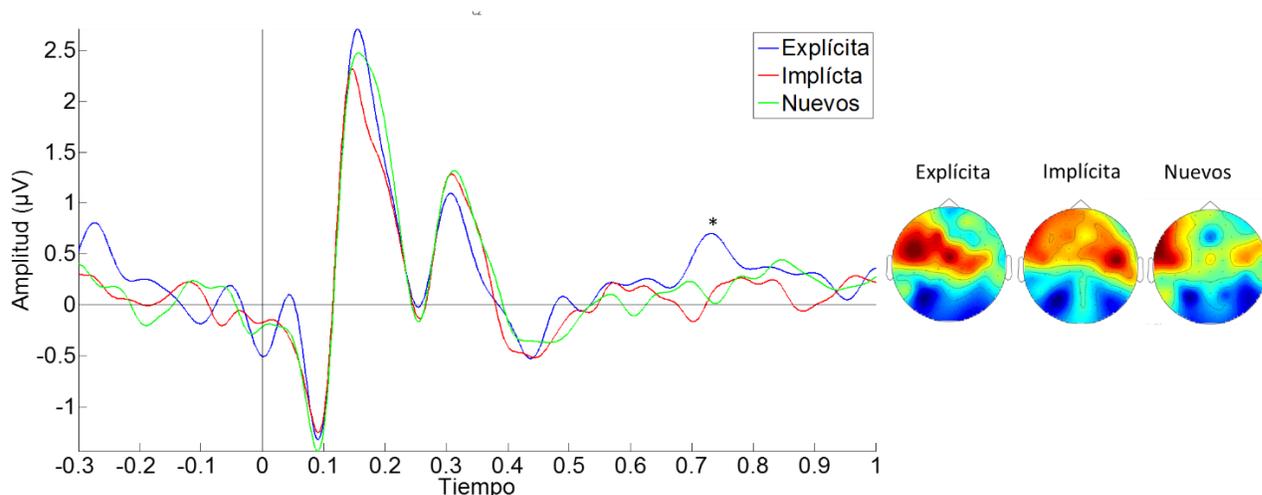


Figura 23. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Cz. En la izquierda se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías del componente marcado para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos nuevos (verde) Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas. * $p=.02$

En el electrodo Pz (Figura 24), no existieron diferencias significativas entre las tres condiciones, aunque el ERP de la memoria implícita presentó una amplitud menor ($\bar{X} = -.37 \mu V$, $DS = +.62 \mu V$) que la memoria explícita ($\bar{X} = -.14 \mu V$, $DS = +.6 \mu V$) y que los estímulos nuevos ($\bar{X} = -.15 \mu V$, $DS \pm .61 \mu V$).

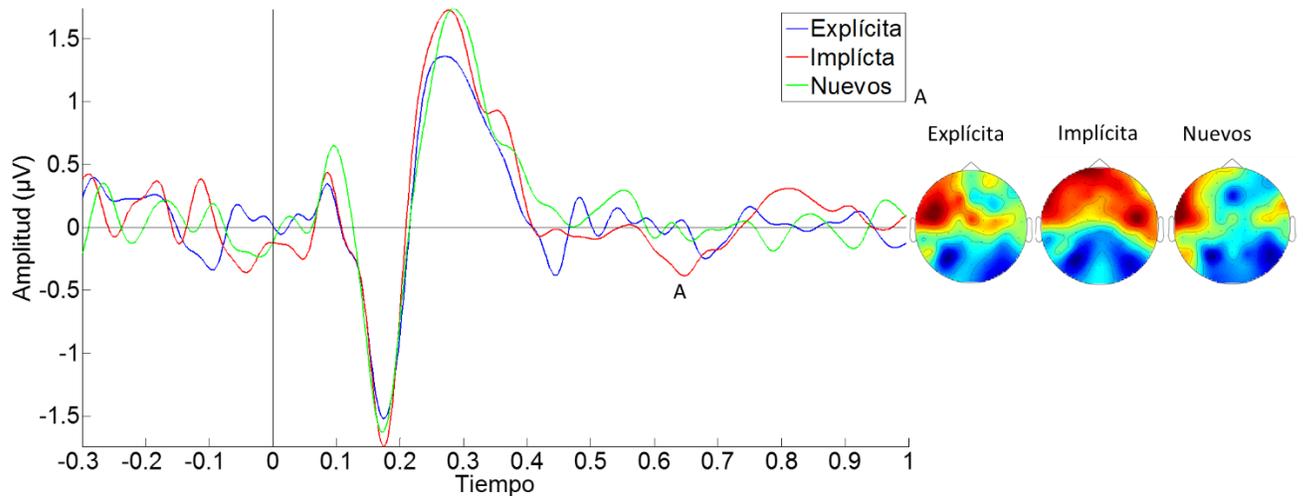


Figura 24. ERP durante la recuperación de 33 sujetos en la derivación Pz. En la izquierda se muestra el potencial y en la derecha se muestran las topografías del componente marcado para las tres condiciones: Memoria explícita (azul), memoria implícita (rojo), estímulos nuevos (verde). Los colores cálidos en las topografías corresponden a amplitudes positivas y los colores fríos a amplitudes negativas.

Potenciales relacionados a eventos de la memoria implícita ante tareas de completar fragmentos (FI) y raíces (RI) de palabras

Los componentes tempranos de los ERP de fragmentos y raíces (Figura 25) no mostraron diferencias significativas. En las latencias más tardías se observó una diferencia entre los 600 y 700 ms ($F_{(65)}=10.6$, $p=.03$), en donde los ERP de los fragmentos tuvieron mayor voltaje ($\bar{X}=0.12$ µV, DS = + .05 µV) que los ERP de las raíces ($\bar{X}=-0.41$ µV, DS = + .66 µV) y estímulos nuevos (-.05 µV, SD + .75 µV). Este patrón continuó en el electrodo PZ ($F_{(65)}=10.3$, $p=.02$).

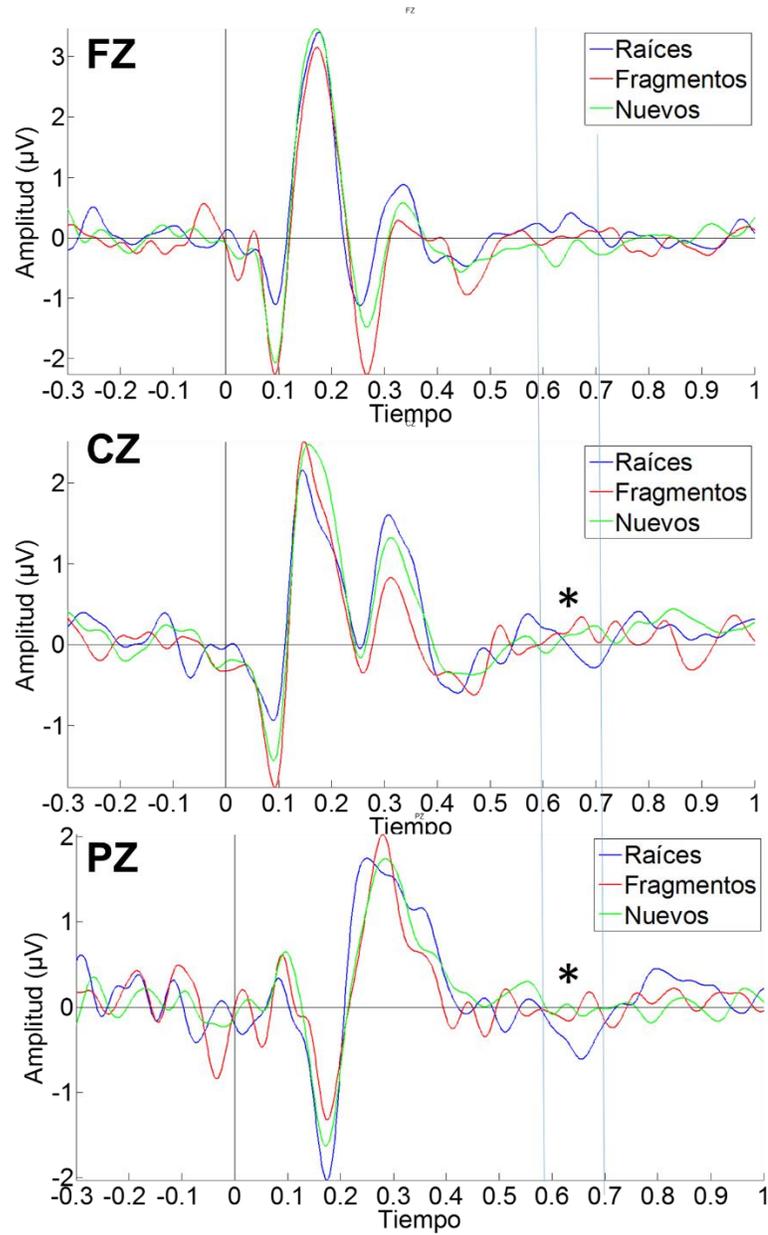


Figura 25. ERP durante la recuperación de la memoria implícita de 33 sujetos en las derivaciones Fz, Cz y Pz. Se muestra el ERP para tres condiciones: Raíces (azul), Fragmentos (rojo), estímulos nuevos (verde).

Análisis de Tiempo frecuencia durante la fase de recuperación

En el análisis de tiempo frecuencia de la memoria explícita (Figura 26), se encontró una desincronización de la banda alfa en relación a estímulos nuevos a partir de los 100 ms sobre áreas frontales y occipitales. También se encontró un incremento en la banda teta entre 7 y 8 Hz en áreas centrales.

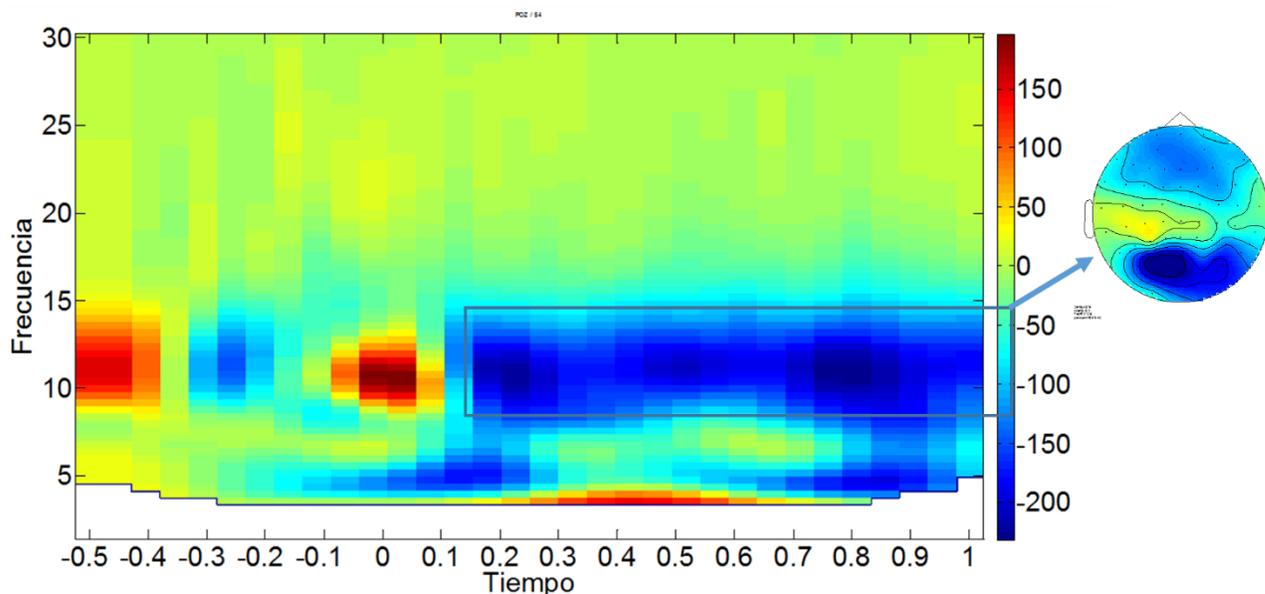


Figura 26. Análisis tiempo frecuencia durante la recuperación de la memoria explícita en POZ. Se muestran los cambios de potencia a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

El análisis de tiempo frecuencia de la memoria implícita (Figura 27) mostró una desincronización tanto de la banda alfa como de la banda teta de alrededor de 7 Hz sobre áreas centrales. Sin embargo, existió una desincronización de teta de alrededor de 5 Hz observada sobre áreas occipitales y frontales, aunque únicamente fue significativa en áreas frontales ($p < .05$).

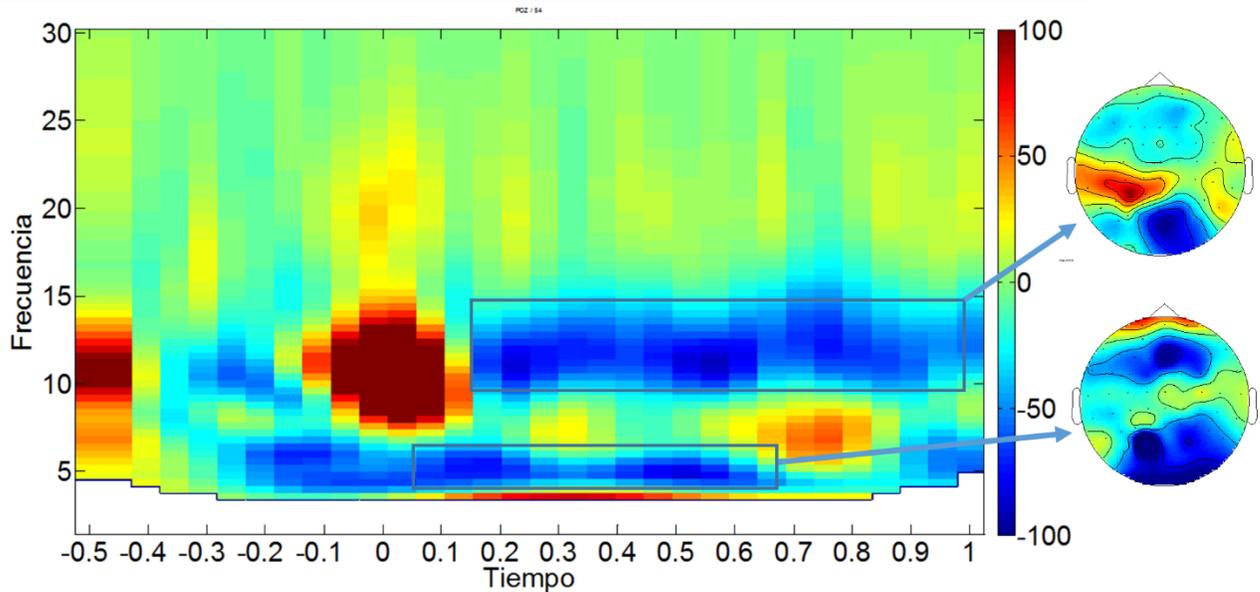


Figura 27. Análisis tiempo frecuencia durante la recuperación de la memoria implícita en POZ. Se muestran los cambios de potencia a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

En el análisis de tiempo frecuencia reveló patrones de desincronización similares para fragmentos y raíces de la memoria implícita (Figura 28). La desincronización de la banda alfa fue similar en áreas frontales. En áreas occipitales las raíces mostraron una desincronización localizada hacia el hemisferio derecho mientras en los fragmentos fue bilateral. La desincronización de la banda teta fue similar tanto en su topografía como en la potencia para fragmentos y raíces.

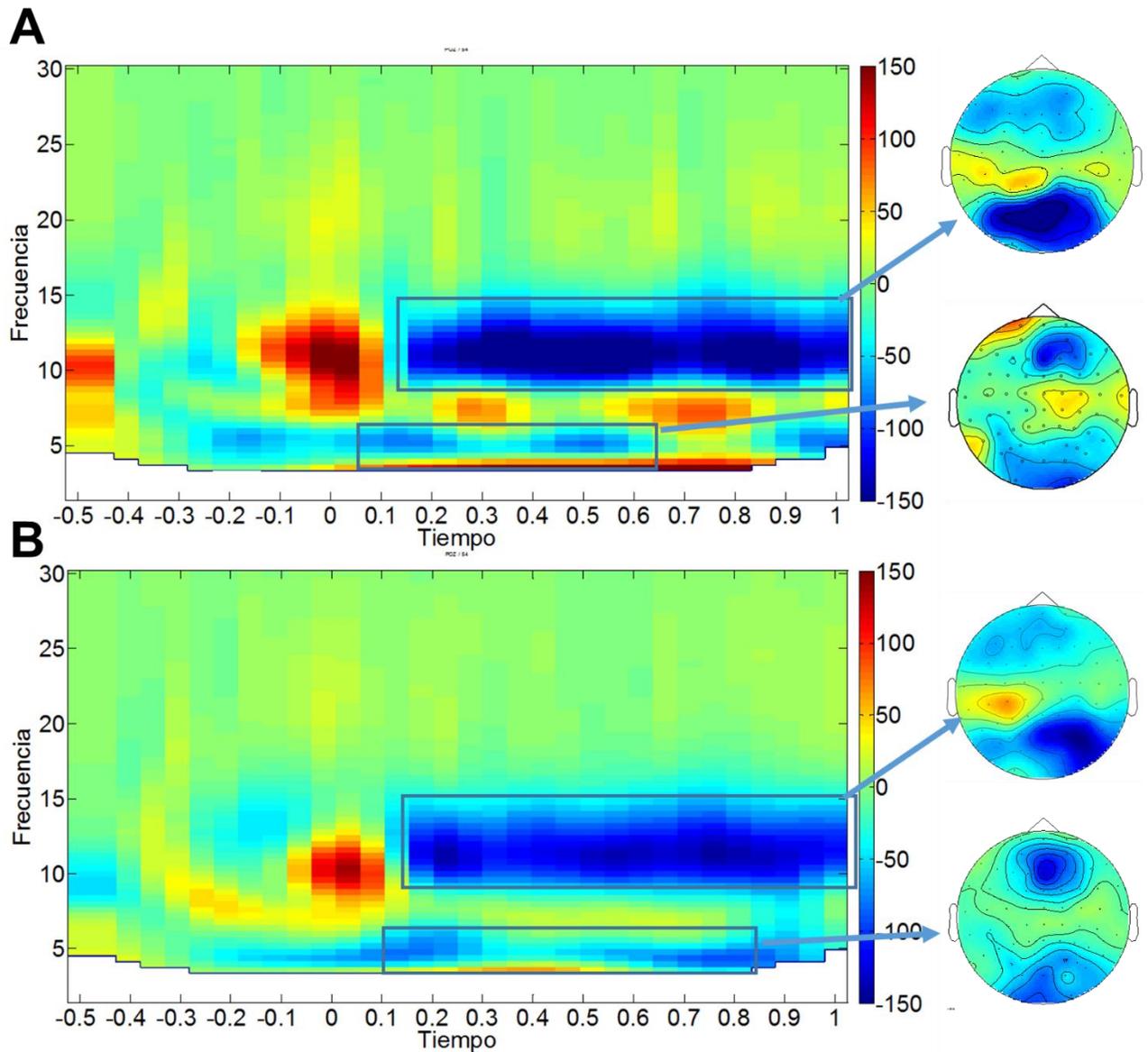


Figura 28. Análisis tiempo frecuencia de la recuperación de la memoria implícita separada por fragmentos (A) y raíces (B) en POZ. Se muestran los cambios de potencia a través del tiempo para diferentes frecuencias de 1 a 30 Hz. Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación a la línea base (periodo pre estímulo).

9. DISCUSIÓN

Las respuestas conductuales de los individuos fueron las esperadas para el protocolo experimental utilizado. Los sujetos completaron más estímulos antiguos que estímulos nuevos, demostrando el efecto de priming. De las claves completadas con palabras antiguas, la mayoría de las claves fueron reportadas como nuevas por parte de los sujetos. Esto sugiere que la tarea favoreció a la memoria implícita sobre la explícita, un resultado esperado debido a la tarea superficial empleada durante la codificación (Voss y Paller, 2008), a la separación del periodo de codificación y recuperación por 30 min, y a la breve exposición de las palabras fragmentadas durante la recuperación. A pesar de ello, el índice d' promedio demostró que el criterio usado por los sujetos era adecuado para ejecutar la tarea.

De las claves correspondientes a las palabras antiguas, los sujetos completaron más raíces que fragmentos. Este efecto fue independiente del sistema de memoria al cual pertenecían las respuestas de los sujetos, aunque se observó un mayor efecto para la memoria implícita que para la memoria explícita. Roediger et al., (2002), habiendo encontrado resultados similares, argumentan que *a priori* se puede asumir un menor grado de dificultad para completar raíces debido al número de posibilidades para completarlas. Sin embargo, la línea base de este estudio no mostró diferencias entre fragmentos y raíces. Por lo tanto, las diferencias previamente mencionadas son el resultado de una interacción entre información previamente codificada y el tipo de clave usada y no únicamente por la dificultad de los estímulos.

Los datos presentes sugieren que, al menos para las palabras utilizadas en este experimento, los fragmentos proporcionaron mayor cantidad de información que las raíces. Aunque de que las letras de las raíces, al ser letras iniciales, proporcionan más información que las letras de los fragmentos (Horowitz et al., 1967), en total ofrecieron menos información que los fragmentos por el menor número de letras que se exhibieron. Nótese que la información asignada a cada una de las letras según su posición corresponde a los valores reportados por Nelson y Rowe (1969), quienes trabajaron con palabras en la lengua inglesa. Por lo tanto, se deberá realizar un análisis exhaustivo en estudios posteriores con la cuantificación de la información aportada por la posición para el español. Con base en los resultados de este estudio, no parece

existir una relación relevante entre el grado de información aportada por la clave y la tasa de respuestas correctas, cuantificada como la frecuencia de respuestas correctas emitidas por los sujetos.

Las diferencias en la tasa de recuperación entre los fragmentos y raíces se pudieran deber a la relación de cada clave con el resto del material aprendido. Surprenant y Neath (2009) enfatizan que la sobrecarga de las claves (referente al número de palabras que pudiera recuperar una clave) puede explicar disminución en la cantidad información correctamente recuperada en diversas tareas. Por lo tanto, una posibilidad planteada es que las raíces en comparación a los fragmentos proporcionan información diagnóstica que, al momento de contrastar la clave con los diversos trazos de memoria evocados, permite una selección del reactivo correcto. En el caso de palabras nuevas, las claves se ven menos influidas por la información previa, lo cual lleva a no favorecer ni a las raíces ni a los fragmentos. Ciertamente, Craik (1979) menciona que el procesamiento superficial, que se usó en nuestro estudio, probablemente genere trazos susceptibles a la sobrecarga, cuando se presenta una clave que accede a ese trazo. Evidencia opuesta a esta hipótesis se encuentra en Rajaram y Roediger (1993) y Fay et al. (2005), quienes no encontraron diferencias entre fragmentos y raíces no solo en la línea base, sino también en estímulos que exhibieron priming.

El análisis de similitud mostró que la mayor similitud de las claves con el resto de las palabras antiguas se correlacionó negativamente con las respuestas emitidas por los sujetos. Es decir, las claves cuyas letras eran compartidas con pocas palabras eran mejores claves (con tasa de recuperación más altas) que aquellas que compartían con varias palabras. En cambio, las claves de la línea base mostraron una asociación menor, con tendencias significativas, pero por arriba del umbral de .05. Esto sugiere que el efecto de la similitud a las palabras de línea base es menor que las palabras con una representación reciente en memoria. Geraci y Rajaram (2002), reportaron un patrón similar en su estudio bajo una tarea explícita, donde fragmentos correspondientes a palabras ortográficamente inusuales eran completados con mayor facilidad. Para recordar al lector, en este estudio la división entre la memoria implícita/explicita se basó en la conciencia del sujeto sobre la respuesta, de acuerdo con Voss y Paller (2008) y no de la intención del sujeto para recordad información previa. Por lo tanto, a pesar de que se enfatizó una respuesta automática e indirecta, las instrucciones se considerarían

como explícitas. Si este es el caso, los resultados generales concuerdan con el experimento en Roediger et al. (1993), en el cual encontraron que las raíces eran completadas con mayor frecuencia que los fragmentos, con los de Graci y Rajaram (2002), quienes encontraron el efecto de aislamiento bajo instrucciones explícitas y los de Rass et al. (2010), quienes reportaron un efecto de interferencia para palabras ortográficamente similares en el priming. Con base en esta interpretación de los datos se puede hacer una predicción importante, donde se reduce o aumenta el efecto de similitud entre claves sobre la tasa de recuerdo para instrucciones explícitas e implícitas, respectivamente. Estudios posteriores deberán explorar esta predicción.

Una limitante de los dos análisis (análisis de información y de similitud) previamente mencionados consiste en los supuestos asumidos. Ambos análisis caracterizan a las palabras como una serie discreta de letras, y asumen que el sujeto codificará y generará una representación de la palabra en un vector multidimensional donde cada dimensión corresponde a una posición diferente. Si bien la tarea superficial de codificación dirigió la atención de los sujetos a las letras de la palabra, no garantiza que se hayan codificado otros rasgos, en especial semánticos o fonológicos de la palabra, rasgos que se han reportado afectan el reconocimiento de palabras y, en el caso de rasgos fonológicos en completar fragmentos (Downes et al., 1996; Bajo, Gómez, Fernández y Marful, 2006; Pero véase Perfect et al., 2002). Goh y Lu (2012), implementaron el modelo de características de Nairne (1990,2002), manipulando el grado de similitud semántica entre pares de palabras. En una tarea de reconocimiento, encontraron que la recuperación adecuada está sujeta al grado de similitud semántica de tal manera que palabras nuevas, pero semánticamente asociadas a las palabras blanco, únicamente facilitaban cuando proporcionaba información diagnóstica. La consecuencia sería la codificación de rasgos no considerados por el análisis presente, aunque esto es imposible explorar con los datos actuales. Experimentos posteriores son necesarios para aclarar estos supuestos mediante la manipulación de la similitud de atributos tanto semánticos como perceptuales en tareas de reconocimiento.

También se exploró la relación entre el grado de similitud de las claves y los correlatos neurofisiológicos, aunque no se encontró una asociación entre estas variables. Se ha demostrado que los estímulos visuales repetidos producen una respuesta neurofisiológica menor en áreas responsables de la representación de dicho estímulo,

fenómeno denominado supresión por repetición (Wiggs y Martin, 1998). Estímulos que comparten atributos, pero no son idénticos, también muestran esta reducción, aunque en menor grado (Barron, Gavrett y Behrens, 2016), debido a que los ensambles neuronales que representan a los estímulos con atributos compartidos comparten las neuronas correspondientes (véase la discusión sobre integración perceptual realizada por Hebb (1949/2005) y los resultados de Gruber y Muller (2005) para ejemplos). Por lo tanto, claves que mostraron mayor grado de similitud podrían estar asociadas a una mayor reducción de su actividad en comparación a claves con poca similitud. Desafortunadamente, no se encontraron diferencias significativas en los ERP cuando se agruparon los estímulos de acuerdo con su similitud. La razón puede deberse a la baja proporción señal ruido que caracteriza al electroencefalograma. El EEG probablemente no cuenta con la resolución espacial para reportar los cambios localizados en la representación inter estímulo sin un gran número de épocas para promediar. Se necesita de estudios posteriores con mayor potencia estadística para resolver este problema.

Los potenciales relacionados a eventos permiten la cuantificación del procesamiento de información por grupos neuronales a lo largo del tiempo. De acuerdo con el encuadre de sistemas múltiples de la memoria, la memoria explícita e implícita difieren en sus sustratos neuronales, identificados previamente por estudios clínicos y recientemente por estudios neurofisiológicos (Warrington y Weiskrantz, 1968; Rugg et al., 1998; Meng y Guo, 2005; pero véase Addante, 2015).

Los ERP durante la codificación mostraron diferencias significativas en zonas posteriores de los 500 a los 600 ms. Durante esta latencia, la memoria explícita se relacionó con un potencial más positivo que el de las palabras olvidadas y que el ERP de la memoria implícita. Dichas diferencias concuerdan con las reportadas por Schott et al. (2002) quienes encontraron el mismo patrón utilizando un paradigma de estimulación subliminal como la medida de la memoria implícita y el reconocimiento posterior. En el estudio de Schott et al. (2002), se varió el nivel de procesamiento durante la codificación y los ERP obtenidos por estos autores concuerdan con aquellos obtenidos en nuestro estudio.

Los estudios sobre los correlatos de una codificación exitosa son mucho más abundantes para la memoria explícita que para la implícita. La amplitud encontrada en nuestro estudio para la memoria explícita concuerda con el estudio de Gutchess et al. (2007) quienes encontraron diferencias significativas en áreas centro-parietales “tempranas” y “tardías” (500-600ms y 700-900 ms). De acuerdo con esta clasificación, nuestro estudio permitió observar diferencias tempranas. Una explicación es el bajo número de ensayos promediados en la memoria explícita. Al usar menos ensayos, al promediar únicamente se podrán detectar efectos de magnitud más grandes. Esto explicaría la ausencia de diferencias significativas en latencias tardías, como las reportadas por Gutchess et al. (2007), Schott et al. (2002), Sanquist et al. (1980) aunque no por Paller (1990), quien no encontró diferencias entre la memoria implícita y estímulos nuevos.

Gutchess et al. (2007), basándose en investigaciones que utilizaron fMRI, argumentan que la positividad observada en estímulos posteriormente recordados reporta una contribución del lóbulo temporal-medial. Esto es consistente con los resultados encontrados en este trabajo y los reportados por Schott et al. (2002) y en especial por Paller (1990). Esta positividad no fue encontrada para las palabras que fueron recordadas mediante el priming, lo cual concuerda con la idea de que la memoria implícita es un sistema independiente y antecede el procesamiento realizado por el sistema declarativo y estructuras mediales temporales, como el hipocampo, la corteza entorrinal, la corteza peririnal y el giro para-hipocampal. Alternativamente, la tarea de recuperación es altamente demandante de procesos perceptuales, que se han asociado a una activación del lóbulo parietal dorsal en estudios de fMRI (Wimber et al., 2010), y activación del surco intra-parietal ha demostrado relacionarse con un reconocimiento adecuado (McDermott et al., 2017). Es necesario realizar futuros estudios para confirmar este planteamiento, facilitados por la reciente posibilidad técnica para registrar la actividad hipocampal en el EEG ya sea con fMRI-EEG simultáneo o con localización de fuentes en el EEG.

La actividad oscilatoria asociado a una codificación exitosa puede resumirse en dos efectos principales, una desincronización en la banda alfa para la memoria explícita e implícita y un incremento en la banda teta en la memoria explícita. Estos efectos se dieron sobre áreas occipitales, involucradas en el procesamiento de la información

visual y áreas frontales izquierdas, que se han identificado como correlatos de la actividad del giro frontal inferior, un área importante para el procesamiento y codificación de estímulos verbales (Hanslmayr et al., 2012). Se considera que el ritmo alfa sobre áreas corticales inhibe el procesamiento adecuado de la información y una reducción de este ritmo facilita la actividad de la corteza subyacente, ya sea mediante la reducción de actividad inhibitoria (Jensen y Mazaheri, 2010) o mediante la reducción de sincronización, que lleva a un incremento en el contenido de la información (Hanslmayr, 2012).

La desincronización de la actividad alfa se reporta en estudios de efectos subsecuentes de la memoria (Mölle et al., 2002; Klimesch et al. 2007; Hanslmayr et al., 2009; Fell et al., 2010; Meeuwissen et al., 2011; Fellner et al., 2012). Es importante notar que, con excepción de Hanslmayr et al. (2009), las tareas de memoria que realizaron los participantes de los estudios previamente mencionados fueron tareas directas, en contraste a la tarea indirecta usada en nuestro estudio. En conjunto con Hanslmayr et al., (2009), este estudio sugiere que la desincronización de la banda alfa asociada a una codificación exitosa no depende exclusivamente de la intencionalidad de la tarea, ni del nivel de procesamiento, pues este efecto se encuentra en tareas profundas y superficiales. Los resultados de este estudio también muestran que la desincronización de alfa es más importante para la memoria implícita que para la explícita, ya que este efecto fue reducido durante la codificación de palabras posteriormente recordadas. En conclusión, la hipótesis que planteaba disminución de potencia en alfa para la memoria implícita no se rechaza.

Una sincronización de la banda teta se asoció a una recuperación subsecuente exitosa de la memoria explícita, la cual se ha reportado previamente en áreas frontales (Sedberg et al., 2003; Osipova et al., 2006; Hanslmayr et al., 2009, 2011; Lega et al., 2011). Complicando una interpretación directa de un recuerdo posterior adecuado con la sincronización de teta, otros estudios han encontrado el efecto opuesto (para un resumen y discusión véase Hanslmayr y Staudigl (2013)), es decir una codificación exitosa se relaciona con una desincronización en áreas frontales. La banda teta ha sido señalada como importante en la generación de memorias episódicas, sirviendo como un enlace entre las palabras y rasgos perceptuales de su contexto (Summerfield y Mangles, 2005; Staudigl y Hanslmayr, 2013) y en la formación de trazos declarativos en

general (Hanslmayr et al., 2016). Por otro lado, varios autores consideran que el ritmo teta nace de interacciones rítmicas entre la neocorteza y el hipocampo, en donde se lleva a cabo el enlace entre elementos distintos del episodio (Başar et al., 1999; Molle et al., 2002; pero véase Greenberg et al., 2015).

Las palabras recordadas y reconocidas son expresiones conductuales de la memoria explícita. Como reportan diversos autores (Summerfield y Mangels, 2005; Hasselmo, 2012; Kahana, 2012), la memoria explícita involucra la recuperación de rasgos contextuales. Cuando los rasgos contextuales son benéficos para resolver alguna tarea, estímulos originalmente codificados adecuadamente con su contexto será recordado con mayor facilidad. Por otro lado, si los rasgos contextuales son irrelevantes o incluso perjudican a la tarea, estímulos con una codificación inadecuada del contexto serán recordados mejor. Staudigl y Hanslmayr (2013) comprobaron esta premisa manipulando la congruencia del contexto durante la codificación y la recuperación. Los autores encontraron que el efecto del contexto sobre la banda teta era más evidente durante los primeros 700 ms. El análisis de fuentes empleado por los autores les permitió localizar dicho efecto al giro frontal superior izquierdo, el giro parietal inferior izquierdo y al lóbulo temporal medial. Dichos resultados concuerdan con este estudio, ya que las palabras que fueron recordadas exhibieron un efecto subsecuente de la memoria sobre áreas frontales izquierdas, como indicado por el análisis de clusters, con una latencia entre los 100 y 500 ms. Summerfield y Mangels (2005) de igual manera encontraron un incremento de la banda teta asociada a una codificación exitosa de rasgos contextuales. Al analizar la coherencia entre electrodos, encontraron que la coherencia en la banda teta entre áreas frontales y parietales, como las reportadas por Staudigl y Hanslmayr (2013), se asociaba positivamente con el recuerdo posterior del color de las palabras. Sin embargo, los autores identificaron un efecto subsecuente de la memoria temprano (<600 ms) y uno tardío (>1000 ms). En este estudio también se observó una tendencia no significativa en áreas parietoccipitales derechas.

En comparación a la memoria explícita, los efectos subsecuentes de la memoria implícita de teta fueron más complejos. Un análisis general, sin dividir entre tipo de clave, reveló que no existió un incremento de teta asociada a la memoria implícita. Esto se esperaría bajo el supuesto de que la memoria implícita es libre de contexto. Pero también se observaron diferentes patrones durante la codificación de fragmentos y

raíces correspondientes a priming en las bandas teta y alfa. Los fragmentos mostraron un incremento en la banda teta durante los 100-500 ms, análogo a la memoria explícita, mientras las raíces mostraron una disminución de la potencia de la banda alfa. De acuerdo con la discusión anterior, se podría argumentar que la codificación de las palabras que fueron completadas, pero no reconocidas se beneficia de una codificación adecuada del contexto en el que se presentaron. Aunque este resultado parece ser contradictorio, el análisis de similitud previamente reportado ofrece una solución. El análisis de similitud mostró que los fragmentos resultaron ser claves ineficientes en comparación a las raíces debido a que las letras proporcionadas eran menos diagnósticas. Entonces, si el trazo perceptual era insuficiente para poder recuperar la información de interés, se buscará recuperarla recurriendo a aspectos episódicos, incluyendo aspectos contextuales. En esta situación se esperaría que los fragmentos completados exhibieran el incremento en la banda teta, lo cual fue encontrado en nuestro estudio. En conclusión, la hipótesis que postulaba correlatos neurales similares para raíces y fragmentos se rechaza.

Una explicación alterna a los incrementos de la banda teta se debe a la memoria de trabajo, previamente reportados. Para Klimesch et al. (2009) y Lisman y Jensen (2010), el ritmo teta también sirve a las funciones de memoria de trabajo, específicamente en la inhibición de estímulos irrelevantes para la tarea realizada. La carga atencional ejercida por la tarea orientadora, en este estudio el contar el número de sílabas, explicaría la presencia de estas oscilaciones tanto en la memoria explícita como la implícita. Los efectos de memoria subsecuente de la banda teta en la memoria explícita fueron mayores a los de la memoria implícita. Esto sugiere que dicho efecto es sumatorio a las funciones mnémicas de la banda teta. Kahder et al. (2014) demostraron que el mantenimiento de información visual en la memoria de trabajo se asocia a un incremento en la banda teta y, significativamente, un incremento en la banda alfa. A diferencia de la topografía frontal izquierda encontrada en este estudio, incrementos en la demanda de la memoria de trabajo muestran topografías centro-frontales (Hsieh y Ranganath, 2014). Con base en estas discrepancias, se devalúa una explicación involucrando únicamente la memoria de trabajo en los incrementos de teta encontrados. Una disociación funcional en futuros estudios es posible. Debido a que la atención es una variable que no afecta a la codificación de la memoria implícita (Mulligan,

1996,1998), el incrementar la demanda atencional durante la codificación de una tarea indirecta debería incrementar la potencia de la banda sin alterar las respuestas conductuales al momento de la recuperación. Sin embargo, la memoria de trabajo como el correlato conductual de la banda teta no se reconcilia fácilmente con el hecho de haber encontrado efectos opuestos de teta para fragmentos y raíces de la memoria implícita, debido a que no existe una predicción *a priori* de dicho efecto.

Los ERP de la recuperación para la memoria explícita e implícita fueron similares, con excepción de una mayor amplitud en áreas centrales para la memoria explícita. Paller y Kutas (1992) reportaron efectos similares a estos, en donde las palabras en una tarea de recuerdo libre que fueron recordados tuvieron una mayor amplitud en áreas centrales, independientemente del tipo de tarea orientadora. Fay et al. (2005) en cambio observaron una positividad para los estímulos que fueron recuperadas mediante priming en áreas parieto-occipitales. Badgaiyan y Posner (1999) observaron una disminución de los potenciales de la memoria implícita en relación con los de la memoria explícita, prominente en áreas frontales y en latencias tempranas (~200 ms). Aunque se encontró una tendencia para los estímulos de memoria explícita, las diferencias no fueron significativas. Una de las dos empleadas tareas de memoria implícita en nuestro estudio (tarea de completar raíces) fueron usadas por Fay et al. (2005) y Badgaiyan y Posner (1999) para observar la memoria explícita, lo cual facilita la comparación de nuestros resultados con estos estudios.

Las tareas de reconocimiento (memoria explícita) comúnmente producen un efecto centro-frontal y parietal lateral. Los efectos frontales denominados FN400, observados únicamente en el electrodo FP1 en este estudio, se han localizado a regiones frontales (Badgaiyan y Posner, 1998; Rugg y Curran, 2007). Estos efectos se consideran correlatos de la familiaridad y del priming conceptual. El estudio presente desafortunadamente no permitió distinguir entre familiaridad y recuerdo, que se consideran tener correlatos distintos (Rugg y Curran, 2007), por la tarea empleada durante la fase de recuperación. Futuros estudios deberán distinguir entre ambos tipos de recolección modificando las tareas de recuperación. El FN400 no fue reportado por Fay et al. (2005) y pudiera deberse a el tipo de priming perceptual, similar a este estudio. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis que predecía la presencia del FN400.

La recuperación de la información mostró patrones similares en la banda alfa para la memoria explícita e implícita. Una desincronización mayor en áreas occipitales a partir de la presentación del estímulo degradado estuvo asociada a una recuperación tanto de información del sistema de memoria explícita e implícita. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Gruber y Muller (2005; 2006) y Gruber et al. (2005). Este efecto se presentó independientemente si los estímulos eran raíces o fragmentos, aunque los fragmentos se correlacionaron con mayor cantidad de desincronización alfa. Estos correlatos pudieran corresponder con una mayor recuperación y restauración de información presente durante la codificación (Khader y Rossler, 2011; Wimber et al., 2012). Una desincronización de la banda teta se observó primordialmente en la memoria implícita. La división entre fragmentos y raíces mostró topografías similares para esta desincronización. Es posible interpretar la similitud entre la codificación y la recuperación con base en la similitud del procesamiento empleado. La tarea de contar sílabas en la codificación y la tarea de completar fragmentos, ambas de corte perceptual, pudiera verse facilitadas por el uso de regiones similares. Aunque por el momento los análisis fueron cualitativos, se puede observar una mayor semejanza entre la actividad oscilatoria durante la codificación y recuperación de la memoria explícita.

En este estudio, se emplearon diferentes claves durante la recuperación, raíces y fragmentos. Aunque similares, se ha demostrado que el completar estas claves se puede disociar funcionalmente (Fay et al., 2005), incluyendo con base en niveles de procesamiento (Challis y Brodbeck, 1992). A pesar de que fueron completadas sin recuerdo, la información proporcionada por estas claves difiere y por lo tanto requiere de diferentes procesos. Se observaron diferencias cuantitativas en el procesamiento durante la codificación y recuperación, demostrando que el procesamiento durante la codificación asociado a una recuperación difiere según el procesamiento empleado en la recuperación (Figura A4), como fue argumentado por Hanslmayr y Staudigl (2014).

El principio de codificación-recuperación emitido por Surprenant y Neath (2009), la discusión realizada por Roediger (2008), Henke (2010), Hanslmayr y Staudigl (2014), y por) concluyen que la memoria se debe considerar en luz de las operaciones realizadas durante la codificación y la recuperación. Estos grupos de autores proponen que los procesos involucrados, incluyendo procesos cognitivos (como procesos perceptuales y semánticos) y procesos neurobiológicos (sincronización de la banda teta) en una

recuperación exitosa varían en función a la semejanza entre el procesamiento de la codificación y la recuperación (entre otras variables) y que dicha semejanza depende de las demandas de la tarea. Nairne (2002) a su vez argumenta que la similitud se debe considerar en relación con la información codificada y la clave empleada para su reconstrucción, discutiendo que la clave debe ser capaz de discriminar entre diferentes trazos mnésicos.

Las limitaciones de este estudio son diversas, variando desde limitaciones técnicas en las herramientas empleadas como en la selección de parámetros para el análisis. En cuanto a la primera, el electroencefalograma es una herramienta que se ha definido permite observar actividad mesoscópica puesto no tiene la resolución espacial de otras técnicas. Esto se traduce en una inhabilidad de registrar actividad subcortical que dificulta observar diferencias entre los sistemas de memoria. Eso es, pueden existir diferencias en los correlatos que no se puedan observar con el EEG. La elección de la tarea conductual también limitó los resultados obtenibles. Específicamente, el haber elegido una tarea superficial durante la codificación e instrucciones explícitas durante la recuperación no permitió distinguir entre diferentes niveles de representación del estímulo, ni distinguir entre diferentes tipos de recuperación.

El estudio presente permitió analizar la variabilidad en los correlatos neurales de la memoria comparando la tarea, en este caso la clave, empleada. Aunque se encontraron diferencias tanto conductuales como neurofisiológicas entre la memoria explícita e implícita, que es postulado por el encuadre de sistemas múltiples, los datos del estudio presente apoyan al encuadre del procesamiento. Las características de las claves tuvieron un efecto sobre los resultados presentes, tanto conductuales como electrofisiológicos. Específicamente, las características particulares de cada clave en relación con el resto del material determinan la probabilidad de recuperar la información. La clave empleada durante la recuperación es un elemento esencial para entender los correlatos electroencefalográficos de la memoria y apoya a la conclusión general.

Estudios posteriores que deseen explorar los correlatos neurales de la memoria deberán tener en cuenta las características inter-estímulos que se emplean en tareas de memoria aparte de las características individuales. También deberán de controlar el

grado de similitud entre las claves al momento de diseñar tareas adecuadas, incluyendo tareas simultáneas a medidas neurales.

10. CONCLUSIONES

La actividad del EEG durante la codificación exitosa consistió en una unión entre rasgos contextuales y la palabra aprendida para la memoria explícita, basado en el incremento en teta en zonas frontales. En cambio, la memoria implícita se favorece por el procesamiento adecuado de rasgos perceptuales, establecido por disminución en la potencia de alfa en zonas posteriores. Sin embargo, la actividad neural durante la codificación dependió de la clave posteriormente empleada.

El ERP mostró que la recuperación de la memoria implícita está asociada a una facilitación en procesar rasgos perceptuales de la palabra, basado en componentes localizados en zonas parieto-occipitales. El ERP relacionado al proceso de completar fragmentos tuvo una deflexión tardía diferente al producido por la tarea de completar raíces, sugiriendo que las tareas involucran procesos distintos. De manera similar, la tarea de completar raíces se facilitó en relación con la tarea de completar fragmentos debido al menor grado de similitud total. La memoria implícita y explícita compartieron correlatos del EEG en donde recuperación exitosa se correlacionó con una disminución de la banda alfa y una disminución de la banda teta en zonas frontales y occipitales, para ambos tipos de memoria.

BIBLIOGRAFIA

- Abeles, M. (1991). *Corticonics: Neural circuits of the cerebral cortex*. Cambridge University Press.
- Addante, R. J. (2015). A critical role of the human hippocampus in an electrophysiological measure of implicit memory. *NeuroImage*.
- Andrew, C., y Pfurtscheller, G. (1996). Event-related coherence as a tool for studying dynamic interaction of brain regions. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 98(2), 144-148.
- Atkinson, R. C., y Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation*, 2, 89-195.
- Baddeley, A. D. (1999). *Essentials of human memory*. Psychology Press.
- Baddeley, A. D., Kopelman, M. D., y Wilson, B. A. (Eds.). (2003). *The handbook of memory disorders*. John Wiley y Sons.
- Badgaiyan, R. D., y Posner, M. I. (1997). Time course of cortical activations in implicit and explicit recall. *The Journal of Neuroscience*, 17(12), 4904-4913.
- Başar, E., Başar-Eroğlu, C., Karakaş, S., y Schürmann, M. (1999). Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG?. *Neuroscience letters*, 259(3), 165-168.
- Bassili, J. N., Smith, M. C., y MacLeod, C. M. (1989). Auditory and visual word-stem completion: Separating data-driven and conceptually driven processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41(3), 439-453.
- Bäumli, K. H., Pastötter, B., y Hanslmayr, S. (2010). Binding and inhibition in episodic memory—Cognitive, emotional, and neural processes. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1047-1054.
- Beaumont, J. G., Mayes, A. R., y Rugg, M. D. (1978). Asymmetry in EEG alpha coherence and power: effects of task and sex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45(3), 393-401.

- Bermúdez-Margaretto, B., Beltrán, D., Domínguez, A., y Cuetos, F. (2015). Repeated exposure to “meaningless” pseudowords modulates LPC, but not N (FN) 400. *Brain topography*, 28(6), 838-851.
- Bowers, J. S., y Marsolek, C. J. (Eds.). (2003). Rethinking implicit memory. *New York: Oxford University Press*.
- Buckner, R. L., & Koutstaal, W. (1998). Functional neuroimaging studies of encoding, priming, and explicit memory retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 891-898.
- Burke, J. F., Zaghoul, K. A., Jacobs, J., Williams, R. B., Sperling, M. R., Sharan, A. D., y Kahana, M. J. (2013). Synchronous and asynchronous theta and gamma activity during episodic memory formation. *Journal of Neuroscience*, 33(1), 292-304.
- Burgess, N., Maguire, E. A., y O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35(4), 625-641.
- Buzsáki, G., y Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science*, 304(5679), 1926-1929.
- Buzsáki, G. (2005). Theta rhythm of navigation: link between path integration and landmark navigation, episodic and semantic memory. *Hippocampus*, 15(7), 827-840.
- Buzsáki, G. (2006). Rhythms of the Brain. *Oxford University Press*.
- Buzsáki, G., Anastassiou, C. A., y Koch, C. (2012). The origin of extracellular fields and currents—EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nature reviews neuroscience*, 13(6), 407-420.
- Burton, L. A., Rabin, L., Vardy, S. B., Frohlich, J., Wyatt, G., Dimitri, D., y Guterman, E. (2004). Gender differences in implicit and explicit memory for affective passages. *Brain and Cognition*, 54(3), 218-224.
- Cabeza, R., y Moscovitch, M. (2013). Memory systems, processing modes, and components functional neuroimaging evidence. *Perspectives on Psychological Science*, 8(1), 49-55.

- Canolty, R. T., Ganguly, K., Kennerley, S. W., Cadieu, C. F., Koepsell, K., Wallis, J. D., y Carmena, J. M. (2010). Oscillatory phase coupling coordinates anatomically dispersed functional cell assemblies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(40), 17356-17361.
- Canolty, R. T., y Knight, R. T. (2010). The functional role of cross-frequency coupling. *Trends in cognitive sciences*, 14(11), 506-515.
- Chadwick, M. J., Hassabis, D., Weiskopf, N., y Maguire, E. A. (2010). Decoding Individual Episodic Memory Traces in the Human Hippocampus. *Current Biology*, 20, 544-547.
- Clarys, D., Isingrini, M., y Haerty, A. (2000). Effects of attentional load and ageing on word-stem and word-fragment implicit memory tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12(3), 395-412.
- Cohen, L. (1995). Time-frequency analysis: theory and applications. *Prentice-Hall, Inc.*
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nda edición. *Hillsdale, New Jersey: L.*
- Cohen, M. X. (2014). Analyzing neural time series data: theory and practice. *MIT Press.*
- Cohen, N. J., y 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.
- Coward, L. (2013). Towards a Theoretical Neuroscience: from Cell Chemistry to Cognition. *Springer Netherlands.*
- Craik, F. I., y Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 671-684.
- Danker, J. F., Hwang, G. M., Gauthier, L., Geller, A., Kahana, M. J., y Sekuler, R. (2008). Characterizing the ERP Old–New effect in a short-term memory task. *Psychophysiology*, 45(5), 784-793.

- Davachi, L., Kiefer, T., Rock, D., y Rock, L. (2010). Learning that lasts through AGES. *NeuroLeadership Journal*, 3, 53-63.
- Dudai, Y., Roediger III, H. L., y Tulving, E. (2007). Memory concepts. En *Science of memory: Concepts*, 1-11.
- Dew, I. T., y Cabeza, R. (2011). The porous boundaries between explicit and implicit memory: behavioral and neural evidence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1224(1), 174-190.
- Duarte, A., Ranganath, C., Winward, L., Hayward, D., y Knight, R. T. (2004). Dissociable neural correlates for familiarity and recollection during the encoding and retrieval of pictures. *Cognitive Brain Research*, 18(3), 255-272.
- DuBois, M (2010). Action Potential: Biophysical and Cellular Context, Initiation, Phases and Propagation. *Nova Science Publishers Inc.*
- Duka, T., Weissenborn, R., y Dienes, Z. (2001). State-dependent effects of alcohol on recollective experience, familiarity and awareness of memories. *Psychopharmacology*, 153(3), 295-306.
- Durka, P. (2007). Matching pursuit and unification in EEG analysis. *Norwood: Artech House.*
- Duvernoy, H. M. (2005). The human hippocampus: functional anatomy, vascularization and serial sections with MRI. *Springer.*
- Düzel, E., Richardson-Klavehn, A., Neufang, M., Schott, B. H., Scholz, M., y Heinze, H. J. (2005). Early, partly anticipatory, neural oscillations during identification set the stage for priming. *Neuroimage*, 25(3), 690-700.
- Ebbinghaus, H., Ruger H. A., Bussenius C. E., y Hilgard E. R. (1885/1964). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York, NY: Dover.
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: Cognitive Processes and Neural Representations that Underlie Declarative Memory. *Neuron*, 44, 109-120.

Eichenbaum, H., y Cohen, N. J. (2001). From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain. *Oxford University Press*.

Eichenbaum, H., Yonelinas, A. R., y Ranganath, C. (2007). The medial temporal lobe and recognition memory. *Annual review of neuroscience*, 30, 123.

Eich, J. E. (2014). State-dependent retrieval of information in human episodic memory. En *Alcohol and Human Memory (PLE: Memory)*, 2, 141.

Ergenoglu, T., Demiralp, T., Bayraktaroglu, Z., Ergen, M., Beydagi, H., y Uresin, Y. (2004). Alpha rhythm of the EEG modulates visual detection performance in humans. *Cognitive Brain Research*, 20(3), 376-383.

Fay, S., Isingrini, M., y Pouthas, V. (2005). Does priming with awareness reflect explicit contamination? An approach with a response-time measure in word-stem completion. *Consciousness and cognition*, 14(3), 459-473.

Fay, S., Pouthas, V., Ragot, R., y Isingrini, M. (2005). Neural correlates of word-stem priming. *Neuroreport*, 16(11), 1169-1173.

Fay, S., Isingrini, M., y Clarys, D. (2005). Effects of depth-of-processing and ageing on word-stem and word-fragment implicit memory tasks: Test of the lexical-processing hypothesis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(6), 785-802.

Fell, J., Klaver, P., Elfadil, H., Schaller, C., Elger, C. E., y Fernández, G. (2003). Rhinal-hippocampal theta coherence during declarative memory formation: interaction with gamma synchronization? *European Journal of Neuroscience*, 17(5), 1082-1088.

Fell, J., Dietl, T., Grunwald, T., Kurthen, M., Klaver, P., Trautner, P., y Fernández, G. (2004). Neural bases of cognitive ERP: more than phase reset. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(9), 1595-1604.

Fell, J., y Axmacher, N. (2011). The role of phase synchronization in memory processes. *Nature reviews neuroscience*, 12(2), 105-118.

Ferreira, C. S., Marful, A., Staudigl, T., Bajo, T., y Hanslmayr, S. (2014). Medial prefrontal theta oscillations track the time course of interference during selective memory retrieval. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(4), 777-791.

Fink, G. R., Markowitsch, H. J., Reinkemeier, M., Bruckbauer, T., Kessler, J., y Heiss, W. D. (1996). Cerebral representation of one's own past: neural networks involved in autobiographical memory. *The Journal of Neuroscience*, 16(13), 4275-4282.

Foster, J. K. (2008). *Memory: a very short introduction*. Oxford University Press.

Friedman, D., y Johnson, R. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: a selective review. *Microscopy research and technique*, 51(1), 6-28.

Fries, P. (2005). A mechanism for cognitive dynamics: neuronal communication through neuronal coherence. *Trends in cognitive sciences*, 9(10), 474-480.

Friese, U., Köster, M., Hassler, U., Martens, U., Trujillo-Barreto, N., y Gruber, T. (2013). Successful memory encoding is associated with increased cross-frequency coupling between frontal theta and posterior gamma oscillations in human scalp-recorded EEG. *Neuroimage*, 66, 642-647.

Friese, U., Supp, G. G., Hipp, J. F., Engel, A. K., y Gruber, T. (2012). Oscillatory MEG gamma band activity dissociates perceptual and conceptual aspects of visual object processing: A combined repetition/conceptual priming study. *Neuroimage*, 59(1), 861-871.

Gabrieli, J. D., Fleischman, D. A., Keane, M. M., Reminger, S. L., y Morrell, F. (1995). Double dissociation between memory systems underlying explicit and implicit memory in the human brain. *Psychological Science*, 6(2), 76-82.

Gagnepain, P., Henson, R., Chételat, G., Desgranges, B., Lebreton, K., y Eustache, F. (2011). Is neocortical–hippocampal connectivity a better predictor of subsequent recollection than local increases in hippocampal activity? New insights on the role of priming. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(2), 391-403.

Gasser, T., Jennen-Steinmetz, C., y Verleger, R. (1987). EEG coherence at rest and during a visual task in two groups of children. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 67(2), 151-158.

Geraci, L., y Rajaram, S. (2002). The orthographic distinctiveness effect on direct and indirect tests of memory: Delineating the awareness and processing requirements. *Journal of Memory and Language*, 47(2), 273-291.

Gluck, M. A., y Myers, C. E. (2001). Gateway to memory: An introduction to neural network modeling of the hippocampus and learning. *MIT Press*.

Goldstein, E. B. (2008). Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience. Supplement. *Cengage Learning*.

Goldmann, R. E., Sullivan, A. L., Droller, D. B., Rugg, M. D., Curran, T., Holcomb, P. J., y Budson, A. E. (2003). Late frontal brain potentials distinguish true and false recognition. *NeuroReport*, 14(13), 1717-1720.

González, H. J. P., Granados, D. E., y Alcaraz, V. M. (2012). Características de la evocación lexical libre en una población mexicana adulta. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 4(4), 42-46.

Graf, P., y Schacter, D. L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 45–53.

Graf, P., y Ryan, L. (1990). Transfer-appropriate processing for implicit and explicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(6), 978.

Gray C.M., König P., Engel A.K., Singer W (1989) Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronization which reflects global stimulus properties. *Nature* 338: 334-337

Grill-Spector, K., Henson, R., y Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends in cognitive sciences*, 10(1), 14-23.

Gruber, T., Malinowski, P., y Müller, M. M. (2004). Modulation of oscillatory brain activity and evoked potentials in a repetition priming task in the human EEG. *European Journal of Neuroscience*, 19(4), 1073-1082.

Gruber, T., y Müller, M. M. (2005). Oscillatory brain activity dissociates between associative stimulus content in a repetition priming task in the human EEG. *Cerebral Cortex*, 15(1), 109-116.

Gruber, T., y Müller, M. M. (2006). Oscillatory brain activity in the human EEG during indirect and direct memory tasks. *Brain research*, 1097(1), 194-204.

Gutchess, A. H., leuji, Y., y Federmeier, K. D. (2007). Event-related potentials reveal age differences in the encoding and recognition of scenes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(7), 1089-1103.

Hampson, E., Finestone, J. M., y Levy, N. A. (2005). Menstrual cycle effects on perceptual closure mediate changes in performance on a fragmented objects test of implicit memory. *Brain and cognition*, 57(2), 107-110.

Handy, T. (Ed.). (2009). Brain signal analysis: advances in neuroelectric and neuromagnetic methods. *The MIT Press*.

Handy, T. (Ed). (2005). Event-Related Potentials: A Methods Handbook. *The MIT Press*.

Hanslmayr, S., Klimesch, W., Sauseng, P., Gruber, W., Doppelmayr, M., Freunberger, R., y Birbaumer, N. (2007). Alpha phase reset contributes to the generation of ERP. *Cerebral Cortex*, 17(1), 1-8.

Hanslmayr, S., Spitzer, B., y Bäuml, K. H. (2009). Brain oscillations dissociate between semantic and nonsemantic encoding of episodic memories. *Cerebral cortex*, 19(7), 1631-1640.

Hanslmayr, S., Volberg, G., Wimber, M., Raabe, M., Greenlee, M. W., y Bäuml, K. H. T. (2011). The relationship between brain oscillations and BOLD signal during memory formation: a combined EEG–fMRI study. *The Journal of Neuroscience*, 31(44), 15674-15680.

- Hanslmayr, S., Staudigl, T., y Fellner, M. C. (2012). Oscillatory power decreases and long-term memory: the information via desynchronization hypothesis. *Frontiers in human neuroscience*, 6.
- Hanslmayr, S., Matuschek, J., y Fellner, M. C. (2014). Entrainment of prefrontal beta oscillations induces an endogenous echo and impairs memory formation. *Current Biology*, 24(8), 904-909.
- Hanslmayr, S., y Staudigl, T. (2014). How brain oscillations form memories—A processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. *NeuroImage*, 85, 648-655.
- Hanslmayr, S., Staresina, B. P., y Bowman, H. (2016). Oscillations and Episodic Memory: Addressing the Synchronization/Desynchronization Conundrum. *Trends in neurosciences*, 39(1), 16-25.
- Hebb, D. O. (1949). The organization of behavior: *A neuropsychological theory*.
- Henke, K. (2010). A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(7), 523-532.
- Hasselmo, M. E. (2012). How we remember: brain mechanisms of episodic memory. *MIT press*.
- Hasselmo, M. E., y Stern, C. E. (2014). Theta rhythm and the encoding and retrieval of space and time. *Neuroimage*, 85, 656-666.
- Hauk, O., y Pulvermüller, F. (2004). Effects of word length and frequency on the human event-related potential. *Clinical Neurophysiology*, 115(5), 1090-1103.
- Hauk, O., Davis, M. H., Ford, M., Pulvermüller, F., y Marslen-Wilson, W. D. (2006). The time course of visual word recognition as revealed by linear regression analysis of ERP data. *Neuroimage*, 30(4), 1383-1400.
- Hendelman, W. (2015). Atlas of functional neuroanatomy. *CRC press*.
- Henson, R. N. A., y Rugg, M. D. (2003). Neural response suppression, haemodynamic repetition effects, and behavioural priming. *Neuropsychologia*, 41(3), 263-270.

Herlitz, A., Nilsson, L. G., y Bäckman, L. (1997). Gender differences in episodic memory. *Memory y cognition*, 25(6), 801-811.

Hsieh, L. T., y Ranganath, C. (2014). Frontal midline theta oscillations during working memory maintenance and episodic encoding and retrieval. *Neuroimage*, 85, 721-729.

Horner, A. J., y Henson, R. N. (2008). Priming, response learning and repetition suppression. *Neuropsychologia*, 46(7), 1979-1991.

Hramov, A. E. (2014). Wavelets in Neuroscience. *Springer Berlin*.

Hu, L., Mouraux, A., Hu, Y., y Iannetti, G. D. (2010). A novel approach for enhancing the signal-to-noise ratio and detecting automatically event-related potentials (ERP) in single trials. *Neuroimage*, 50(1), 99-111.

Hultsch, D. F., Masson, M. E., y Small, B. J. (1991). Adult age differences in direct and indirect tests of memory. *Journal of gerontology*, 46(1), P22-P30.

Jackson, A. F., y Bolger, D. J. (2014). The neurophysiological bases of EEG and EEG measurement: A review for the rest of us. *Psychophysiology*.

Jackson, A., y Morton, J. (1984). Facilitation of auditory word recognition. *Memory y Cognition*, 12(6), 568-574.

Jacobs, J. (2014). Hippocampal theta oscillations are slower in humans than in rodents: implications for models of spatial navigation and memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 369(1635), 20130304.

Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of memory and language*, 30(5), 513-541.

Jacoby, L. L., Toth, J. P., y Yonelinas, A. P. (1993). Separating conscious and unconscious influences of memory: Measuring recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(2), 139.

Jacoby, L. L. (1998). Invariance in automatic influences of memory: toward a user's guide for the process-dissociation procedure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(1), 3.

Jafarpour, A., Fuentemilla, L., Horner, A. J., Penny, W., y Duzel, E. (2014). Replay of Very Early Encoding Representations during Recollection. *The Journal of Neuroscience*, 34(1), 242-248.

James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. MacMillan.

Jensen, O., y Lisman, J. E. (1996). Theta/gamma networks with slow NMDA channels learn sequences and encode episodic memory: role of NMDA channels in recall. *Learning y Memory*, 3(2-3), 264-278.

Jernigan, T. L., y Ostergaard, A. L. (1993). Word priming and recognition memory are both affected by mesial temporal lobe damage. *Neuropsychology*, 7(1), 14.

Kahana, M. J. (2012). *Foundations of human memory*. Oxford University Press.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., y Jessell, T. M. (Eds.). (2013). *Principles of neural science (Vol. 5)*. New York: McGraw-Hill.

Kaplan, R., Bush, D., Bonnefond, M., Bandettini, P. A., Barnes, G. R., Doeller, C. F., y Burgess, N. (2014). Medial prefrontal theta phase coupling during spatial memory retrieval. *Hippocampus*, 24(6), 656-665.

Kinoshita, S. (1995). The word frequency effect in recognition memory versus repetition priming. *Memory y Cognition*, 23(5), 569-580.

Kirschstein, T., y Köhling, R. (2009). What is the Source of the EEG? *Clinical EEG and neuroscience*, 40(3), 146-149.

Kivisaari, S. L., Probst, A., y Taylor, K. I. (2013). The perirhinal, entorhinal, and parahippocampal cortices and hippocampus: an overview of functional anatomy and protocol for their segmentation in MR images. En *fMRI* (pp. 239-267). Springer Berlin Heidelberg.

Klimesch, W., Sauseng, P., y Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain research reviews*, 53(1), 63-88.

Klimesch, W., Freunberger, R., Sauseng, P., y Gruber, W. (2008). A short review of slow phase synchronization and memory: evidence for control processes in different memory systems?. *Brain research*, 1235, 31-44.

Klimesch, W., Freunberger, R., y Sauseng, P. (2010). Oscillatory mechanisms of process binding in memory. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1002-1014.

Khader P.H., Rösler F. (2011). EEG power changes reflect distinct mechanisms during long-term memory retrieval. *Psychophysiology* 48:362–369

Krause, C. M., Sillanmäki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Häggqvist, A., Laine, M., y Hämäläinen, H. (2000). The effects of memory load on event-related EEG desynchronization and synchronization. *Clinical neurophysiology*, 111(11), 2071-2078.

Kutas, M., y Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual review of psychology*, 62, 621.

Lally, N., Mullins, P. G., Roberts, M. V., Price, D., Gruber, T., y Haenschel, C. (2014). Glutamatergic correlates of gamma-band oscillatory activity during cognition: a concurrent ER-MRS and EEG study. *Neuroimage*, 85, 823-833.

Lashley, K. S. (1950). In search of the engram. En *Symposia of the society for experimental biology* (Vol. 4, No. 454-482, p. 30).

Lee, T. G., Blumenfeld, R. S., y D'Esposito, M. (2013). Disruption of dorsolateral but not ventrolateral prefrontal cortex improves unconscious perceptual memories. *Journal of neuroscience*, 33(32), 13233-13237.

Lewandowsky, S., Dunn, J. C., y Kirsner, K. (Eds.). (2014). Implicit memory: Theoretical issues. *Psychology Press*.

Light, L. L., Kennison, R. F., y Healy, M. R. (2002). Bias effects in word fragment completion in young and older adults. *Memory y cognition*, 30(8), 1204-1218.

Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological review*, 95(4), 492.

- Lopes da Silva, F. (2013). EEG and MEG: Relevance to Neuroscience. *Neuron*, 80(5), 1112-1128.
- Lorenzi, I., Giunta, F., y Di Stefano, M. (2006). Implicit and explicit memory formation: influence of gender and cultural habits. *Archives italiennes de biologie*, 144(1), 25-31.
- Luce, R. D. (2003). Whatever happened to information theory in psychology?. *Review of general psychology*, 7(2), 183.
- Luck, S. J. (2005). Ten simple rules for designing ERP experiments. *Event-related potentials: A methods handbook*.
- Luck, S. J., y Kappenman, E. S. (Eds.). (2011). The Oxford handbook of event-related potential components. *Oxford university press*.
- Luck, S. J., (2014). An Introduction to the Event-Related Potential Technique. *MIT press*
- Lustig, C., y Hasher, L. (2001). Implicit memory is not immune to interference. *Psychological bulletin*, 127(5), 618.
- Lyons, R. G. (2014). Understanding digital signal processing. *Pearson Education*.
- Maki, P. M., Rich, J. B., y Rosenbaum, R. S. (2002). Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*, 40(5), 518-529.
- Maris, E., y Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG-and MEG-data. *Journal of neuroscience methods*, 164(1), 177-190.
- Martinez Jr, J. L., y Kesner, R. P. (Eds.). (1998). Neurobiology of learning and memory. *Academic Press*.
- Mastumoto, D (2009) The Cambridge dictionary of psychology. *Cambridge, UK: Cambridge University Press*.
- McDermott, K. B., Gilmore, A. W., Nelson, S. M., Watson, J. M., y Ojemann, J. G. (2017). The parietal memory network activates similarly for true and associative false recognition elicited via the DRM procedure. *Cortex*, 87, 96-107.

Mckone, E., y Slee, J. A. (1997). Explicit contamination in “implicit” memory for new associations. *Memory y Cognition*, 25(3), 352-366.

Meeuwissen, E.B., Takashima, A., Fernandez, G., Jensen, O. (2011). Evidence for human fronto-central gamma activity during long-term memory encoding of word sequences. *PLoS One*, 6, e21356.

Meier, B., y Graf, P. (2000). Transfer appropriate processing for prospective memory tests. *Applied cognitive psychology*, 14(7), S11-S27.

Meng, Y., y Guo, C. (2007). ERP dissociation and connection between implicit and explicit memory. *Chinese Science Bulletin*, 52(21), 2945-2953.

Mitchell, D. B. (2006). Nonconscious Priming After 17 Years Invulnerable Implicit Memory ?. *Psychological Science*, 17(11), 925-929.

Moldakarimov, S., Bazhenov, M., y Sejnowski, T. J. (2010). Perceptual priming leads to reduction of gamma frequency oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5640-5645.

Mölle, M., Marshall, L., Fehm, H. L., y Born, J. (2002). EEG theta synchronization conjoined with alpha desynchronization indicate intentional encoding. *European Journal of Neuroscience*, 15(5), 923-928.

Morris, C. D., Bransford, J. D., y Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 16(5), 519-533.

Mueller, S. T., y Thanasuan, K. (2014). Associations and manipulations in the mental lexicon: a model of word-stem completion. *Journal of Mathematical Psychology*, 59, 30-40.

Mulligan, N. W., y Hartman, M. (1996). Divided attention and indirect memory tests. *Memory y Cognition*, 24(4), 453-465.

Mulligan, N. W. (1998). The role of attention during encoding in implicit and explicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(1), 27.

Mulligan, N. W., Guyer, P. S., y Beland, A. (1999). The effects of levels-of-processing and organization on conceptual implicit memory in the category exemplar production test. *Memory y Cognition*, 27(4), 633-647.

Murias, M., Webb, S. J., Greenson, J., y Dawson, G. (2007). Resting state cortical connectivity reflected in EEG coherence in individuals with autism. *Biological psychiatry*, 62(3), 270-273.

Mayr, U., Awh, E., y Keele, S. W. (2005). Developing individuality in the human brain: A tribute to Michael I. Posner. *American Psychological Association*.

Näätänen, R., Jacobsen, T., y Winkler, I. (2005). Memory-based or afferent processes in mismatch negativity (MMN): A review of the evidence. *Psychophysiology*, 42(1), 25-32.

Nairne, J. S. (2002). The myth of the encoding-retrieval match. *Memory*, 10(5-6), 389-395.

Nairne, J. S. (2006). Modeling distinctiveness: Implications for general memory theory. En: Hunt, R. R., y Worthen, J. B. (Eds.). (2006). *Distinctiveness and memory*. Oxford University Press.

Neath, I., y Surprenant, A. M. (2003). *Human memory: An introduction to research, data, and theory*, second edition. Belmont, CA: Wadsworth.

Nielsen-Bohman, L., Ciranni, M., Shimamura, A. P., y Knight, R. T. (1997). Impaired word-stem priming in patients with temporal-occipital lesions. *Neuropsychologia*, 35(8), 1087-1092.

Nunez, P. L., Srinivasan, R., Westdorp, A. F., Wijesinghe, R. S., Tucker, D. M., Silberstein, R. B., y Cadusch, P. J. (1997). EEG coherency: I: statistics, reference electrode, volume conduction, Laplacians, cortical imaging, and interpretation at multiple scales. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 103(5), 499-515.

Nunez, P. L., Silberstein, R. B., Shi, Z., Carpenter, M. R., Srinivasan, R., Tucker, D. M. y Wijesinghe, R. S. (1999). EEG coherency II: experimental comparisons of multiple measures. *Clinical Neurophysiology*, 110(3), 469-486.

Nunez, P. L., y Srinivasan, R. (2006). Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG. *Oxford university press*.

Olejniczak, P. (2006). Neurophysiologic basis of EEG. *Journal of clinical neurophysiology*, 23(3), 186-189.

Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., y Schoffelen, J. M. (2010). FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Computational intelligence and neuroscience*, 2011.

Osipova, D., Takashima, A., Oostenveld, R., Fernández, G., Maris, E., y Jensen, O. (2006). Theta and gamma oscillations predict encoding and retrieval of declarative memory. *The Journal of neuroscience*, 26(28), 7523-7531.

Osorio, A., Fay, S., Pouthas, V., y Ballesteros, S. (2010). Ageing affects brain activity in highly educated older adults: An ERP study using a word-stem priming task. *Cortex*, 46(4), 522-534.

Ostrosky-Solís, F., Gómez, M. E., Ardila, A., Rosselli, M., Pineda, D., y Matute, E. (2003). Neuropsi atención y memoria. Manual, Perfiles y Material. *México, American Bookstore*.

Otten, L. J., Quayle, A. H., Akram, S., Ditewig, T. A., y Rugg, M. D. (2006). Brain activity before an event predicts later recollection. *Nature neuroscience*, 9(4), 489-491.

Paller, K. A., Kutas, M., y Mayes, A. R. (1987). Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 67(4), 360-371.

Parkin, A. J. (1989). The development and nature of implicit memory. En Lewandowsky, S. (2014). *Implicit memory: Theoretical issues. Psychology Press*.

Perfect, T. J., Moulin, C. J., Conway, M. A., y Perry, E. (2002). Assessing the inhibitory account of retrieval-induced forgetting with implicit-memory tests. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 28(6), 1111-1118.

- Pesonen, M., Björnberg, C. H., Hämäläinen, H., y Krause, C. M. (2006). Brain oscillatory 1–30Hz EEG ERD/ERS responses during the different stages of an auditory memory search task. *Neuroscience letters*, 399(1), 45-50.
- Pikovsky, A., Rosenblum, M., y Kurths, J. (2003). Synchronization: a universal concept in nonlinear sciences (Vol. 12). *Cambridge university press*.
- Posner, M. I., y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Quigg, M. (2006). EEG Pearls. *Mosby Publisher*.
- Rajaram, S., y Roediger, H. L. (1993). Direct comparison of four implicit memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(4), 765.
- Ramírez-Villegas, J. F., y Ramírez-Moreno, D. F. (2010). Una revisión de modelos de atención visual Bottom-up neurobiológicamente inspirados. *El Hombre y la Máquina*, (35), 143-152.
- Rass, O., Landau, J. D., Curran, T., y Leynes, P. A. (2010). Event-related potential (ERP) correlates of memory blocking and priming during a word fragment test. *International Journal of Psychophysiology*, 78(2), 136-150.
- Ratcliff, R., y McKoon, G. (1996). Bias effects in implicit memory tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(4), 403.
- Richardson-Klavehn A, Gardiner JM. (1995). Retrieval volition and memorial awareness in stem completion: an empirical analysis. *Psychology Research* 1995; 57:166–178.
- Roediger, H. L., Weldon, M. S., Stadler, M. L., y Riegler, G. L. (1992). Direct comparison of two implicit memory tests: Word fragment and word stem completion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(6), 1251.
- Roediger, H. L. Reconsidering implicit memory. En Bowers, J. S., y Marsolek, C. J. (Eds.). (2003). *Rethinking implicit memory*. New York: Oxford University Press.
- Rossetti, Y., y Revonsuo, A. (Eds.) (2000). Beyond dissociation: Interaction between dissociated implicit and explicit processing. *John Benjamins Publishing*.

- Rovee-Collier, C. (1997). Dissociations in infant memory: rethinking the development of implicit and explicit memory. *Psychological Review*, 104(3), 467.
- Rugg, M. D., y Allan, K. (2000). Event-related potential studies of memory. *The Oxford handbook of memory*, 521-537.
- Rugg, M. D., y Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in cognitive sciences*, 11(6), 251-257.
- Rugg, M. D., y Doyle, M. C. (1992). Event-related potentials and recognition memory for low-and high-frequency words. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(1), 69-79.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., y Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392(6676), 595-598.
- Razumiejczyk, E., Macbeth, G., y López Alonso, A. O. (2008). Evidencia de priming gustativo y su disociación con la memoria explícita. *Revista Universitas Psychologica*, 7(2), 549-556.
- Sanei, S., y Chambers, J. A. (2008). EEG signal processing. *Wiley-Interscience*.
- Sanquist, T. F., Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K., y Lindsley, D. B. (1980). Electro cortical signs of levels of processing: perceptual analysis and recognition memory. *Psychophysiology*, 17(6), 568-576.
- Sarah, S. Y., y Rugg, M. D. (2010). Dissociation of the electrophysiological correlates of familiarity strength and item repetition. *Brain research*, 1320, 74.
- Sauseng, P., Klimesch, W., Gruber, W. R., Hanslmayr, S., Freunberger, R., y Doppelmayr, M. (2007). Are event-related potential components generated by phase resetting of brain oscillations? A critical discussion. *Neuroscience*, 146(4), 1435-1444.
- Schacter, D. L. (1990). Perceptual representation systems and implicit memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608(1), 543-571.
- Schacter, D. L., Chiu, C. Y. P., y Ochsner, K. N. (1993). Implicit memory: A selective review. *Annual review of neuroscience*, 16(1), 159-182.

- Schacter, D. L., y Buckner, R. L. (1998). Priming and the brain. *Neuron*, 20(2), 185-195.
- Schott, B., Richardson-Klavehn, A., Heinze, H. J., y Düzel, E. (2002). Perceptual priming versus explicit memory: Dissociable neural correlates at encoding. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(4), 578-592.
- Schneider, T. R., Debener, S., Oostenveld, R., y Engel, A. K. (2008). Enhanced EEG gamma-band activity reflects multisensory semantic matching in visual-to-auditory object priming. *Neuroimage*, 42(3), 1244-1254.
- Schneider, W. (2015). Memory Development from Early Childhood through Emerging Adulthood. *Springer International Publishing*.
- Sederberg, P. B., Kahana, M. J., Howard, M. W., Donner, E. J., y Madsen, J. R. (2003). Theta and gamma oscillations during encoding predict subsequent recall. *The Journal of Neuroscience*, 23(34), 10809-10814.
- Sherwin, B. B. (2012). Estrogen and cognitive functioning in women: Lessons we have learned. *Behavioral neuroscience*, 126(1), 123.
- Smith, S. M., y Tindell, D. R. (1997). Memory blocks in word fragment completion caused by involuntary retrieval of orthographically related primes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(2), 355.
- Soler, M. J., Dasí Vivo, C., y Ruiz, J. C. (2009). Datos normativos de 269 fragmentos de palabras españolas a partir de la base de Dasí, Soler y Ruiz (2004). *Psicológica: Revista de metodología y psicología experimental*, 30(1), 91-117.
- Spataro, P., Cestari, V., y Rossi-Arnaud, C. (2011). The relationship between divided attention and implicit memory: a meta-analysis. *Acta psychologica*, 136(3), 329-339.
- Squire, L. R., y Zola, S. M. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia. *Hippocampus*, 8(3), 205-211.
- Stanislaw, H., y Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, y computers*, 31(1), 137-149.

Staudigl, T., Hanslmayr, S., y Bäuml, K. H. T. (2010). Theta oscillations reflect the dynamics of interference in episodic memory retrieval. *The Journal of Neuroscience*, 30(34), 11356-11362.

Staudigl, T., y Hanslmayr, S. (2013). Theta oscillations at encoding mediate the context-dependent nature of human episodic memory. *Current Biology*, 23(12), 1101-1106.

Summerfield, C., y Mangels, J. A. (2005). Coherent theta-band EEG activity predicts item-context binding during encoding. *Neuroimage*, 24(3), 692-703.

Sweatt, J. D. (2009). *Mechanisms of memory*. Academic Press.

ten Caat, M., Lorist, M. M., Bezdán, E., Roerdink, J. B., y Maurits, N. M. (2008). High-density EEG coherence analysis using functional units applied to mental fatigue. *Journal of neuroscience methods*, 171(2), 271-278.

Teuber, H. L. (1955). Physiological psychology. *Annual review of psychology*, 6(1), 267-296.

Thakral, P. P., Wang, T. H., y Rugg, M. D. (2015). Cortical reinstatement and the confidence and accuracy of source memory. *NeuroImage*, 109, 118-129.

Thompson, R. F., y Madigan, S. A. (2013). *Memory: the key to consciousness*. Princeton University Press.

Trimper, J. B., Stefanescu, R. A., y Manns, J. R. (2014). Recognition memory and theta-gamma interactions in the hippocampus. *Hippocampus*, 24(3), 341-353.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory 1. *Organization of Memory*. London: Academic, 381, 402.

Tulving, E., Schacter, D. L., y Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 8(4), 336.

Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26(1), 1.

Tulving, E. (2000). Concepts of memory. En *The Oxford handbook of memory*, Oxford University Press 33-43.

Tulving, E. (2005). Episodic memory and autonoesis: Uniquely human. *New York: Oxford University Press*.

Turk-Browne, N. B., Yi, D. J., y Chun, M. M. (2006). Linking implicit and explicit memory: common encoding factors and shared representations. *Neuron*, 49(6), 917-927.

Van Dijk, H., Schoffelen, J. M., Oostenveld, R., y Jensen, O. (2008). Prestimulus oscillatory activity in the alpha band predicts visual discrimination ability. *The Journal of Neuroscience*, 28(8), 1816-1823.

Varela, F., Lachaux, J. P., Rodriguez, E., y Martinerie, J. (2001). The brainweb: phase synchronization and large-scale integration. *Nature reviews neuroscience*, 2(4), 229-239.

Vilberg, K. L., y Rugg, M. D. (2007). Dissociation of the neural correlates of recognition memory according to familiarity, recollection, and amount of recollected information. *Neuropsychologia*, 45(10), 2216-2225.

Voss, J. L., y Paller, K. A. (2008). Brain substrates of implicit and explicit memory: The importance of concurrently acquired neural signals of both memory types. *Neuropsychologia*, 46(13), 3021-3029.

Voss, J. L., y Federmeier, K. D. (2011). FN400 potentials are functionally identical to N400 potentials and reflect semantic processing during recognition testing. *Psychophysiology*, 48(4), 532-546.

Waldhauser, G. T., Johansson, M., y Hanslmayr, S. (2012). Alpha/beta oscillations indicate inhibition of interfering visual memories. *Journal of Neuroscience*, 32(6), 1953-1961.

Warrington, E. K., y Weiskrantz, L. (1968). A study of learning and retention in amnesic patients. *Neuropsychologia*, 6(3), 283-291.

Warrington, E. K., y Weiskrantz, L. (1974). The effect of prior learning on subsequent retention in amnesic patients. *Neuropsychologia*, 12(4), 419-428.

- Watrous, A. J., Tandon, N., Conner, C. R., Pieters, T., y Ekstrom, A. D. (2013). Frequency-specific network connectivity increases underlie accurate spatiotemporal memory retrieval. *Nature neuroscience*, 16(3), 349-356.
- Weldon, M. S., Roediger, H. L., y Challis, B. H. (1989). The properties of retrieval cues constrain the picture superiority effect. *Memory y Cognition*, 17(1), 95-105.
- Whittlesea, B. W. (2003). On the construction of behavior an subjective experience: The production and evaluation of performance. En Bowers, J. S., y Marsolek, C. J. (Eds.). *Rethinking implicit memory*. New York: Oxford University Press.
- Wimber, M., Maaß, A., Staudigl, T., Richardson-Klavehn, A., y Hanslmayr, S. (2012). Rapid memory reactivation revealed by oscillatory entrainment. *Current Biology*, 22(16), 1482-1486.
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, y Psychophysics*, 72(8), 2031-2046.
- Woodruff, C. C., Hayama, H. R., y Rugg, M. D. (2006). Electrophysiological dissociation of the neural correlates of recollection and familiarity. *Brain research*, 1100(1), 125-135.
- Willingham, D., Preuss, L. (1995) The death of implicit memory. *Psyche*. 2(5). 1-10.
- Yang, J., y Li, P. (2012). Brain Networks of Explicit and Implicit Learning. *PLoS ONE*, 7(8).
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of memory and language*, 46(3), 441-517.
- Zauner, A., Gruber, W., Himmelstoß, N. A., Lechinger, J., y Klimesch, W. (2014). Lexical access and evoked traveling alpha waves. *NeuroImage*, 91, 252-

11. ANEXOS

ANEXO I: LISTAS DE ESTÍMULOS

Lista A

ATUENDO	DIBUJO	CASCADAS
REFRESCOS	BOLETA	HOMÚNCULO
ESPERANZA	EDUCACIÓN	NUTRICIÓN
COCAÍNA	JERINGA	SUBJETIVO
HOMBROS	TUTORES	MUESTRA
CINTURONES	CARBONO	COBIJA
LIBRERÍA	SARTÉN	ZAPATILLA
DRENAJE	EGOÍSMO	HIPOPÓTAMO
MOTOCICLETA	JARDÍN	MEZCLA
ALBERCA	COLMILLOS	DIVERSIÓN
RENDIJAS	COCINA	BOFETES
COCODRILO	SUDADERA	REGADERA
LOTERÍA	SEMÁFORO	FRAMBUESA
ECONOMÍA	ABECEDARIO	ESCULTURA
GALAXIA	OBJETO	CANCHA
PEGAMENTO	TOCADOR	EQUILIBRIO
MÚSICA	JABALÍ	DEBILIDAD
IGUANA	TORTILLA	CALLADO
MOVIMIENTO	PASAMANOS	PABILÓN

DEPILACIÓN	AVESTRUZ	CHAVOS
CHANCLAS	CABELLO	TORTAS
BUFANDA	PALADAR	LÁMPARA
CONDUCTOR	FRAUDE	TAPONES
IDEALISMO	PAPILAS	TENEDORES
PRESENCIA	ENCUADRE	INTESTINO
VARILLA	NÚMERO	ALACENA
COPIAS	PROGRAMA	PEPINO
MARIPOSA	PIÑATA	CHICLE
AGUACATE	CHANGO	MECEDORA
ORQUESTA	RESORTE	PASAJE
LOCKER	APARATO	PAPALOTE
PUERCO	BRAKETS	VAINILLA
ILUSIÓN	BERMUDA	VERANO
BÁSCULA	LÓGICA	PELÍCULA
INVIERNO	PEREZA	VAGABUNDO
BASQUETBOL	AMANTE	CUMPLEAÑOS
PLACER	PASTILLA	CAMPANA
FUENTE	TIBURÓN	GOBIERNO
LLAVERO	ESCUDO	AZÚCAR
PERDÓN	SOCIAL	VESTIMENTA

CLASES

Lista B

ANCIANO	ELEFANTE	PALAPA
CEPILLO	PRUEBA	MATRIZ
CUADRADO	ANTEOJOS	BUGAMBILIA
COMPUTADOR	NIEBLA	ÍNDICE
LAVADORA	HUMANISMO	SEPARADOR
BOMBERO	BELLEZA	DOMICILIO
ORQUÍDEA	PALABRA	CUBETA
OFICIO	ALCOHOL	COMERCIAL
RIDÍCULO	DERECHO	MENTIRA
LECHUGA	LANCHA	MURCIÉLAGO
LUJURIA	LÁTIGO	PRACTICA
EUTANASIA	PERICO	FÁBULA
CUCARACHA	HERIDAS	CARTÓN
EXPRESIÓN	INDIVIDUO	CORBATA
GUITARRA	FLAUTA	BRINCO
VUELO	DELFIN	RESPIRO
CRIMEN	JARRÓN	EJERCICIO
DELINEADOR	CREENCIA	PAVIMENTO
GRAFITO	COCHINO	PACIENCIA

METRALLETA	SÓLIDO	MAESTRÍA
PLUMÓN	TULIPÁN	AZULEJO
POBLACIÓN	REVISTAS	ADVERSIDAD
LICÁNTROPO	INMÓVIL	ESQUIFE
MUNICIPIO	BALLENA	CEREZA
INYECCIÓN	VIDEOJUEGO	BISTURÍ
TABIQUE	CANSANCIO	TAMBORES
SUDADERA	COTORRO	FILOSOFÍA
CARNICERÍA	SACAPUNTAS	VIOLÍN
EXÁMEN	PORTERÍA	EDIFICIO
ZOOLOGÍA	PASADOR	ÁNGULOS
CALAVERAS	PASILLO	CANGURO
CÓDIGO	POSADA	SÍNDROME
CORREA	CENTRO	IDIOMA
MERCURIO	ECOSISTEMA	TELEVISOR
SUJETO	PINTOR	JUGADOR
LEYENDA	REDACCIÓN	INTERFONO
PARQUE	TRIANGULO	TUMORES
ANTENA	APELLIDO	MANCHA
PENSANTE	ARRUGA	PIMIENT
COLINA	TOALLA	

ANEXO II: FRAGMENTOS Y RAÍCES

CRI_ _ _	ALC_ _ _ _	_EP_LL_
LOC_ _ _	DER_ _ _ _	P_L_ _A
BA_QU_T_ _ _	AVE_ _ _ _ _	V_ _NIL_ _
DE_I_ _ _DO_	JA_ _L_	MAT_ _ _
GRA_ _ _ _	PA_ _I_ _A	_OCI_ _ _D
_ _NTUR_N_ _	LAN_ _ _	COP_ _ _
CH_ _ _S	LÁT_ _ _	P_S_ _E
ELE_ _ _ _	LIB_ _ _ _	C_A_E_
MES_ _ _ _	NUT_ _ _ _ _	BU_AM_I_ _ _
JER_ _ _ _	_ _RIC_	L_T_R_A
P_UE_ _	HER_ _A_	OBJ_ _ _
_N_EOJ_ _	IN_ _VI_ _O	_ _D_CE
NIE_ _ _	_ _VI_R_O	SEP_ _ _ _ _
C_C_DR_ _O	FLA_ _ _	MÚS_ _ _
SEM_ _ _ _	_SC_LT_ _A	_UA_R_D_
ANC_ _ _ _	ILU_ _ _ _	DOM_ _ _ _ _
_U_ANIS_ _	D_L_ _N	C_ _DU_TO_
VES_ _ _EN_ _	JA_ _Ó_	NÚM_ _ _
BEL_ _ _ _	CRE_ _ _ _	CUB_ _ _
P_RD_ _	C_AN_ _	P_LA_ _R
BER_ _ _ _	_O_H_NO	C_ME_ _IA_
_A_A_RA	GAL_ _ _ _	_ _MPUT_D_ _

ZAP_____	_A_I_NC_A	RE__RT_
MEN_____	REG_____	PRE_____
_ÁS__LA	MET_____	__R_I_E_ÍA
ESP_____	MOT_____	E___EN
MUR_____	P_U__N	PUE___
CAR_____	POB_____	Z__LOG__
PRA_____	BOM_____	_A_PAN_
FÁ__L_	ID__LI__O	BON___
LAV_____	C_NC__	C__AV_RA_
REN_____	__ÑAT_	PEL_____
__M_L_A_OS	_IC_N__OP_	CAS_____
C_RT__	MUN_____	OFI___
MUE_____	A__C_R	CÓ___O
PRO_____	I__CCIÓ_	E___DO
LÁM_____	G__I_R_O	_OR_E_
_ORB_T_	TAB_____	MER_____
BRI___	_A_I_ÓN	ENCU_____
RES_____	__Q_Í_A	MOV_____
EJE_____	_UDA__A	_ABE_L_
PAV_____	_OC_N_	_IP_P__AM_
_OCI__	LÓG_____	_UJE__
D_B__O	_QU__IB_I_	LEY_____

DRE_____	_L_CE_	_A_A_AN_S
TEN_____	VAR_____	ALB_____
MEZ_____	COT_____	RED_____
_A_QU_	AMA_____	TRI_____
ANT_____	SAC_____	I___STIN_
PE_S___E	POR_____	DEB_____
C_L_N_	P_SA__R	APE_____
SÓL_____	_AS__LO	A__U_A
_O_UNCU__	CHI_____	PA_A___E
RID_____	__S_DA	_OAL_____
_AP__AS	C_NT__	LLA_____
TUL_____	C_LM__LO_	EGO_____
REV_____	TUT_____	MAE_____
COB_____	_CO__ST_M_	REF_____
__RT_S	PIN_____	SUB_____
__U_NDO	VAG_____	EUT_____
INM_____	TIB_____	P_P__O
__R_ZA	SAR_____	__U_EJO
BAL_____	LEC_____	CUC_____
VID___UE__	_O_A_NA	__R_ÍN
__A_BU_SA	ABE_____	TAP_____
C_N_AN__O	L_J_R_A	ADV_____

ESQ_ _ _ _	_ _ Q_ S_ A	TEL_ _ _ _ _
CER_ _ _	E_ O_ _ M_ A	EDU_ _ _ _ _
_ IS_ _ RÍ	_ A_ GUR_	JUG_ _ _ _
_ HA_ C_ A_	FR_ _ D_	_ _ TE_ F_ N_
_ A_ B_ RE_	BRA_ _ _ _ _	BUF_ _ _ _
_ _ L_ SO_ ÍA	_ AL_ AD_	TUM_ _ _ _
_ _ OLÍ_	A_ _ RA_ O	MAN_ _ _
E_ I_ _ C_ O	DIV_ _ _ _ _	FUE_ _ _
Á_ _ UL_ S	_ G_ ACA_ _	_ O_ T_ LL_
PEG_ _ _ _ _	SÍN_ _ _ _ _	PI_ _ E_ _ A
MAR_ _ _ _ _	_ _ RAN_	G_ _ T_ R_ A
_ XP_ ES_ _ N	IDI_ _ _	ALA_ _ _ _
BOL_ _ _	DE_ I_ _ _ IÓ_	
IGU_ _ _	HOM_ _ O_	

ANEXO III: METODOLOGÍA SUPLEMENTARIA

Este anexo incluye información sobre la generación de estímulos y la estandarización

Fase 1: Adquisición de estímulos

Se aplicó una tarea de fluidez verbal libre a 100 personas, de 18 a 25 años de edad, con estudios de licenciatura, de la ciudad de Xalapa, Veracruz. La tarea consistió en la expresión de la mayor cantidad de palabras posibles durante dos minutos con la siguiente consigna: “En cuanto yo te indique, quiero que digas el mayor número de palabras que puedas durante dos minutos con los ojos cerrados. No quiero que digas nombres propios o derivados. Es decir, si dices la palabra tlacuache, no digas tlacuachito o tlacuachote.” Se grabaron y transcribieron las palabras evocadas basada en el procedimiento realizado por González, Granados y Alcaraz (2012).

Se agruparon todas las palabras evocadas por los 100 sujetos en una sola lista durante el primer minuto, eliminando nombres propios y repeticiones enunciadas por el mismo sujeto, para obtener un corpus de palabras. La frecuencia de cada palabra se obtuvo contando el número de sujetos que evocaron la palabra durante el primer minuto de evocación libre.

Se ordenó la lista de palabras de mayor a menor frecuencia. Se identificaron aquellas palabras con una frecuencia de 1, es decir aquellas que fueron evocadas por un solo sujeto, y se categorizaron como palabras infrecuentes. De estas palabras, se eliminaron aquellas que contienen entre menos de 6 y más de 12 letras (Fay, Insingrini, y Pouthas 2005).

Se obtuvieron dos listas de palabras, denominadas lista A y lista B. Ambas listas consisten en 120 palabras con tipo de fuente Arial (ANEXO 1).

Para crear las listas, se eligieron 120 palabras al azar utilizando el programa Microsoft Excel, asignando un número aleatorio a cada palabra y eligiendo las primeras 120 palabras para formar la Lista A. Para cada una de estas palabras, se eligió una palabra con la misma letra inicial y con el mismo número de letras del corpus de palabras restantes. De esta manera, se obtuvieron 120 palabras más para formar la lista B. Para cada una de las listas, 60 palabras se utilizaron para crear fragmentos y las 60 palabras restantes se utilizaron para crear raíces.

La creación de los fragmentos consistió en eliminar aleatoriamente del 40 al 50% de las letras de las palabras en la lista A (Rajaram y Roediger, 1993). Se numeraron las letras de cada palabra, por ejemplo, en la palabra GATO, la letra G es la primera, la letra A es la segunda, la letra T la tercera, y la letra O es la cuarta. Utilizando el programa Microsoft Excel, se asignó un número a cada letra al azar y se sortearon para elegir aquellas letras que se eliminaron en la lista A. En la lista B, se eliminaron a cada palabra las letras de manera semejante a la lista A. Por ejemplo, en la palabra ÁGUILA se eliminan la primera, tercera y cuarta letra, de esta forma quedará el fragmento: _G_ _LA. A la palabra ABRAZO se eliminarían las letras que corresponden a la posición de las letras eliminadas en AGUILA. De esta forma quedará el fragmento: _B_ _ZO.

Para crear las raíces, se anotaron solo las primeras tres letras de cada palabra (Barrera, Arrellano, Reales y Ballesteros, 2012). De esta manera, la palabra BÁSCULA se convirtió en la raíz BÁS_ _ _ . La lista AB consistió en los 60 fragmentos de la lista A, los 60 fragmentos de la lista B, las 60 raíces de la lista A y las 60 raíces de la lista B, para un total de 240 fragmentos y raíces (ANEXO II).

Fase 2: Prueba de estímulos

En la prueba de estímulos participaron 32 sujetos, 16 hombres y 16 mujeres, estudiantes de licenciatura, entre 18 y 25 años de edad. La mitad de los sujetos participaron en el grupo experimental y el resto en el grupo control.

La prueba de estímulos (Figura A1) para los sujetos del grupo experimental se dividió en dos periodos, uno de codificación y uno de recuperación. La prueba de estímulos para los sujetos del grupo control involucró únicamente el periodo de recuperación.

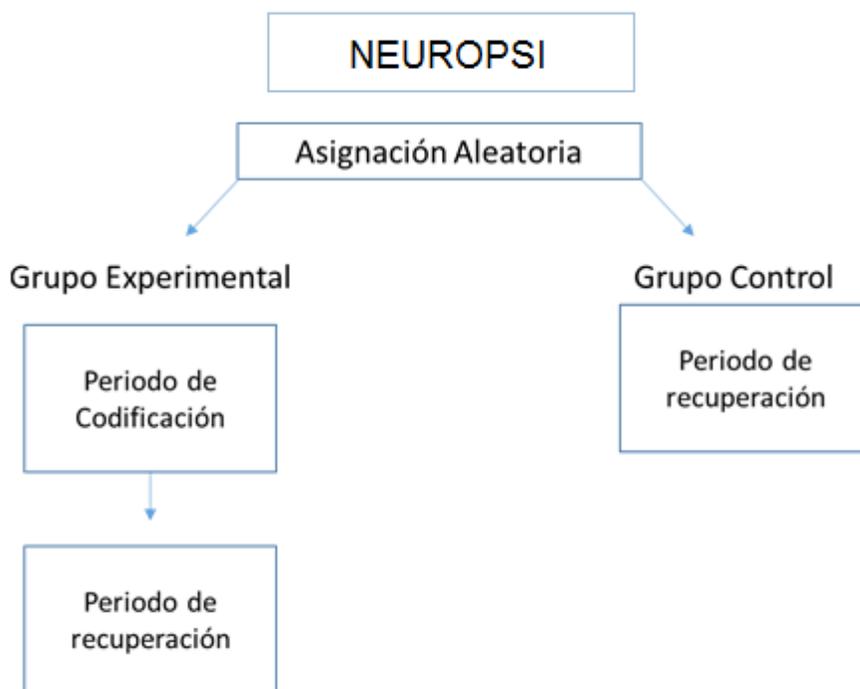


Figura A1. Esquema General de la fase de Prueba de Estímulos. Se muestra la separación de sujetos por grupos.

Periodo de Codificación

A los sujetos del grupo experimental se les presentaron las 120 palabras completas de la Lista A (ANEXO 1) durante este periodo de codificación. Los sujetos del grupo control fueron excluidos de este periodo.

Tarea para el grupo experimental:

Al inicio del periodo de codificación, se presentó una diapositiva con las siguientes indicaciones:

“Cuenta el número de sílabas que contiene cada palabra que aparezca, NO me digas tu respuesta hasta que se quite la palabra y aparezca una cruz. NO parpadees y NO te muevas mientras aparecen las palabras. Cuando aparezca una barra azul en la parte superior de la pantalla te podrás mover y parpadear si lo deseas. “

Comenzaremos con un breve ensayo”

Una vez que el sujeto indicaba estar preparado para la tarea, se presentaron las 120 palabras de la lista A, una a la vez, más 6 palabras de ensayo mediante el programa STIM 2 de Neuroscan. El programa presentó cada palabra durante 1000 ms, seguida por la presentación de una cruz por 1500 ms (Figura 13).

Durante la presentación de cada palabra se les pidió a los sujetos contar el número de sílabas. Esto corresponde a un nivel de procesamiento superficial, en donde el sujeto atiende a las características gráficas de una palabra sin tener que recurrir a al significado de la palabra, y fomenta el sistema de memoria implícita (Schacter, Chiu y Ochsner, 1993; Mulligan, Guyer y Beland 1999). Se les indicó a los sujetos del grupo experimental que cuenten el número de sílabas durante la presentación de la palabra, y que verbalicen su respuesta hasta cuando aparezca la cruz.

Las 120 palabras de la lista A se dividieron en 6 bloques de 20 palabras, con un breve descanso entre bloques. Se le especificó al sujeto no parpadear durante la presentación de palabras, y se le permitió parpadear durante el breve descanso entre cada bloque.

Periodo de recuperación

Tarea para el grupo control

A los sujetos del grupo control se les presentó las siguientes indicaciones en la pantalla del equipo Stim 2:

“Completa en silencio, los fragmentos de palabras lo más rápido posible. Una vez que tengas tu respuesta, aprieta el botón 1. Después di en voz alta tu respuesta. NO parpadees y NO te muevas mientras aparecen las palabras. Cuando aparezca una pantalla en blanco te podrás mover y parpadear si lo deseas. Comenzaremos con un breve ensayo”

Tarea para el grupo experimental

En cambio, a los sujetos del grupo experimental se les presentó las siguientes indicaciones en la pantalla del equipo Stim 2:

“Completa en silencio, los fragmentos de palabras lo más rápido posible. Algunos fragmentos podrán ser completados con una palabra que viste en la primera lista que te mostré. Si los fragmentos pertenecen a una palabra nueva, complétalo con cualquier palabra que se te venga a la mente. Una vez que tengas tu respuesta, presiona el botón 1 del teclado si la palabra pertenece a una palabra de la lista anterior, o el botón 2 si es una palabra nueva. Después di en voz alta tu respuesta. NO parpadees y NO te muevas mientras aparecen las palabras. Cuando aparezca una pantalla en blanco te podrás mover y parpadear si lo deseas. Comenzaremos con un breve ensayo”

Los 120 fragmentos y las 120 raíces de la lista AB (ANEXO 2) se agruparon en 12 bloques de 20 palabras, más 6 palabras de práctica. Las palabras de práctica fomentan que el sujeto se familiarice a la tarea y los tiempos indicados. Los fragmentos y raíces dentro de cada bloque fueron aleatoriamente acomodados mediante la asignación de un número aleatorio en el programa Excel y la acomodación de estos números con sus respectivas palabras. Similar al periodo de codificación, en medio de cada bloque se proporcionó un breve periodo de descanso.

La presentación de los fragmentos y las raíces, fue individual con una duración de 2000 ms por cada estímulo. Los sujetos fueron proporcionados con el *Response Pad* con botones que permitió el registro de las respuestas conductuales. El *Response Pad* está sincronizado con el equipo de EEG, por lo que cuando un botón se aprieta, aparece una marca automáticamente en el EEG. Como lo indican las instrucciones, el sujeto debía oprimir el botón 1 con su mano derecha si reconocía la palabra o el botón 2 si el sujeto considera que la palabra era nueva.

La estandarización en la aplicación de la NEUROPSI consistió en la evaluación de 40 sujetos de licenciatura de Xalapa Veracruz. Los sujetos que participarán dieron su consentimiento informado para la grabación de la sesión de la evaluación. Una vez concluida la evaluación, se calificaron las respuestas de los individuos según los criterios establecidos por la prueba. Después, se calificó la prueba, utilizando el video grabado en la sesión de evaluación. Se anotaron y cuantificarán las discrepancias, o desacuerdos, entre la calificación de la prueba con y sin el video se anotaron los errores cometidos en la aplicación de la prueba con el propósito de eliminar su ocurrencia en evaluaciones posteriores.

Análisis Estadístico

Para la prueba de estímulos de la Fase 2 se utilizó un modelo lineal generalizado, asumiendo normalidad, para observar el efecto del sexo y exposición a la lista A en el número de fragmentos y raíces completados correctamente.

Subsecuentemente, se realizó la prueba de Wilcoxon Rank sum test para el grupo experimental y para el grupo control, con el número de respuestas correctas como variable de respuesta y la lista a la cual pertenecen las palabras como factor.

Se utilizó una correlación de Spearman para observar el transcurso de los desacuerdos en la preparación de la prueba NEUROPSI a través del tiempo.

ANEXO IV: RESULTADOS SUPLEMENTARIOS

Resultados de la fase 1

Los 100 alumnos de licenciatura evocaron 3449 palabras durante el primer minuto de la tarea de fluidez verbal. Se obtuvieron 1189 palabras diferentes. Las palabras tuvieron una longitud promedio de 6.8 letras. De estas palabras, 716 (60 %) fueron palabras infrecuentes, es decir, fueron evocadas por solo un sujeto. 528 fueron consideradas como palabras frecuentes (40 %), que fueron evocadas por más de un sujeto. En la Tabla 1 se pueden observar las palabras con mayor frecuencia.

Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia
ÁRBOL	65	LÁPIZ	29
CASA	61	LIBRO	28
PERRO	50	ESCUELA	26
ZAPATOS	48	COCHE	24
PANTALÓN	45	CARRO	23
SILLA	41	COMPUTADORA	23
GATO	39	PASTO	23
OJO	39	BLUSA	22
MESA	34	CELULAR	22
CABELLO	29	PUERTA	22

Tabla A1. Palabras expresadas con mayor frecuencia en la prueba de fluidez verbal libre

630 palabras fueron infrecuentes con una longitud de 6 o más letras. Estas palabras fueron utilizadas en la selección de estímulos, como se detalló en la metodología.

Fase 2 Prueba de estímulos

En el análisis de resultados de la prueba de estímulos, se contaron las palabras incompletas de la lista AB que fueron completadas correctamente por los sujetos del grupo control (n=16) y del grupo experimental (n=16).

Los sujetos del grupo experimental en promedio completaron 51 palabras correctamente de las 240 palabras incompletas de la lista AB. 33 palabras pertenecían a la lista A (DE= + 7.1) y 18 a la lista B (DE= + 6.9). Esto equivale a una mejoría del 41% de la lista A sobre la lista B. Los sujetos controles completaron correctamente 41 palabras, 20 de la lista A (DE= +4.1) y 21 de la lista B (DE= + 4.3).

Se encontraron diferencias significativas únicamente en la lista A, entre el grupo experimental y grupo control ($t(31) = -5.16$, $p < .0001$), debido a que el grupo experimental logró resolver más fragmentos y raíces que el grupo control. No hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres, ni en la interacción entre sexo y grupo.

ANEXO V: RESULTADOS COMPLEMENTARIOS DE LA FASE 3

En este apartado se reportan resultados que, mientras no contestan alguna de las hipótesis planteadas, complementan los datos en el escrito principal.

Al analizar la frecuencia general con la que las palabras degradadas fueron completadas correctamente, se encontró que la palabra “cocodrilo” fue completada por el 100% de los sujetos, mientras las palabras objeto y número por el 96%. Los resultados conductuales mostraron que ciertos estímulos fueron completados y/o recordados con mayor frecuencia que otros. De las 10 palabras más frecuentemente completadas, 5 fueron fragmentos y 5 raíces (Tabla A2). En la línea base, es decir palabras completadas correctamente pero a las cuales no habían sido expuestos los sujetos previamente, el 60% de los estímulos fueron fragmentos.

Posición	Palabra	Posición	Palabra
1	EXPRESIÓN	6	LUJURIA
2	BUGAMBILIA	7	CORBATA
3	CEPILLO	8	ANCIANO
4	OFICIO	9	RIDÍCULO
5	ELEFANTE	10	LEYENDA

Tabla A2. Las 10 palabras completadas con mayor frecuencia para la línea base, ordenadas de manera descendiente. El sombreado naranja señala que la clave usada fue un fragmento y el sombreado azul una raíz.

Posición	Palabra	Posición	Palabra	Posición	Palabra
1	COCODRILO	6	EQUILIBRIO	11	PIÑATA
2	OBJETO	7	EDUCACIÓN	12	MOTOCICLETA
3	NÚMERO	8	VAINILLA	13	DRENAJE
4	MOVIMIENTO	9	MÚSICA	14	TORTILLA
5	LÓGICA	10	COLMILLOS	15	NUTRICIÓN

Tabla A3. Las 15 palabras completadas con mayor frecuencia, ordenadas por frecuencia. El sombreado naranja señala que la clave usada fue un fragmento y el sombreado azul una raíz.

Las palabras que fueron completadas correctamente de manera implícita fueron principalmente raíces (80%, Tabla A3), con la palabra “objeto” siendo completada por el 70% de los sujetos.

Posición	Palabra	Posición	Palabra
1	OBJETO	6	PEGAMENTO
2	DRENAJE	7	LÓGICA
3	MOTOCICLETA	8	EDUCACIÓN
4	COLMILLOS	9	COBIJA
5	MEZCLA	10	NUTRICIÓN

Tabla A4. Las 10 palabras completadas con mayor frecuencia para la memoria implícita, ordenadas de manera descendiente. El sombreado naranja señala que la clave usada fue un fragmento y el sombreado azul una raíz.

Análisis de la actividad de línea base

En las siguientes figuras, se muestra los resultados del análisis tiempo frecuencia para los estímulos de la línea base.

Durante la codificación, estímulos subsecuentemente olvidados mostraron una desincronización en la banda alfa y una sincronización en la banda teta, ambas con una topografía occipital.

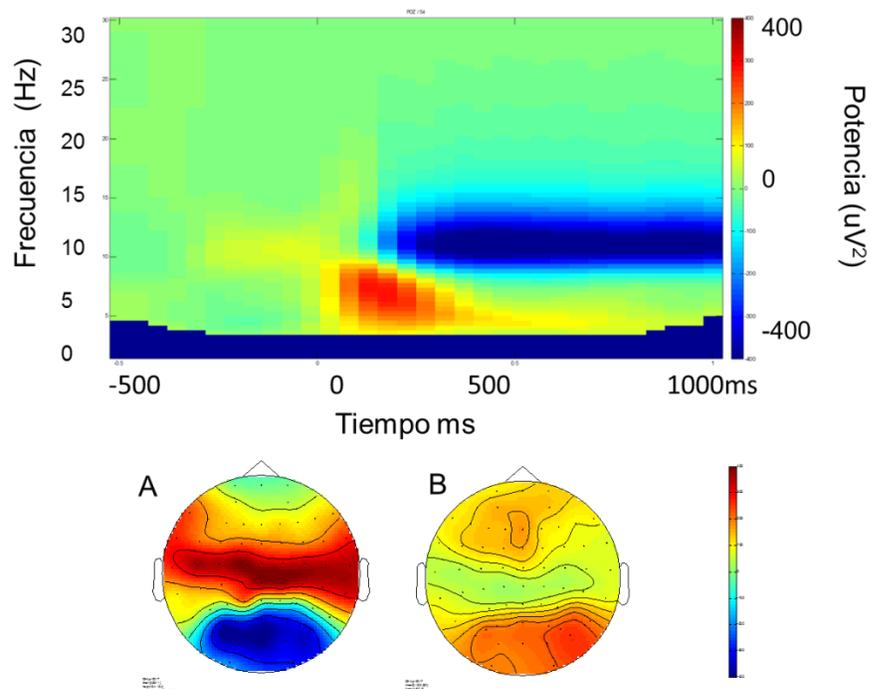


Figura A2. Resultados de análisis tiempo frecuencia para estímulos en la línea base en POZ.

Las topografías muestran la distribución de los cambios en la banda alfa (A) y teta (B). Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación con la línea base (periodo pre estímulo).

Similar a la codificación, los estímulos nuevos mostraron una desincronización en la banda alfa y una sincronización en la banda teta, ambas con una topografía occipital.

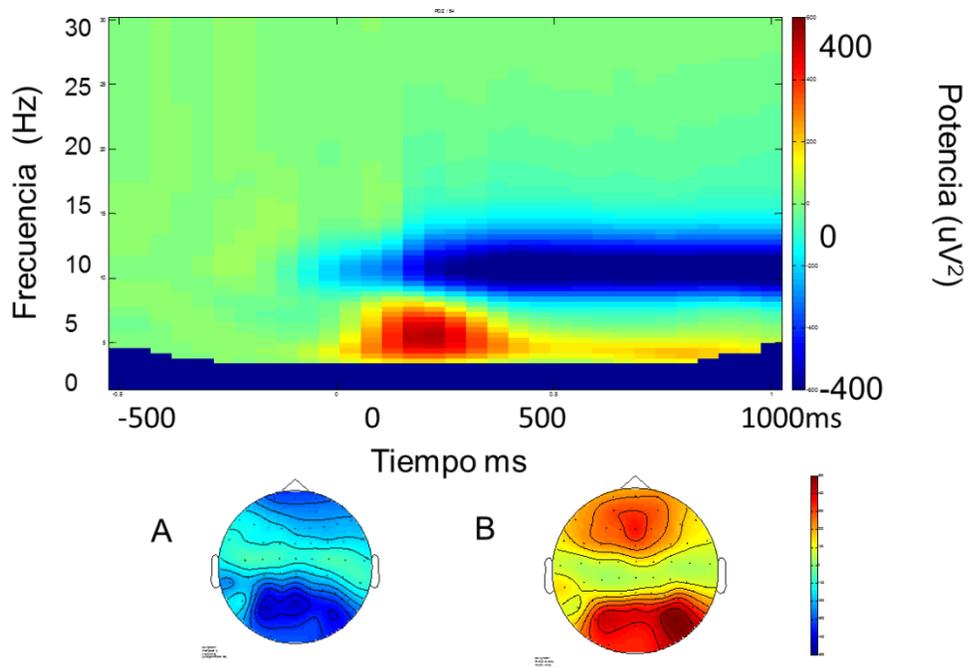


Figura A3. Resultados de análisis tiempo frecuencia para estímulos en la línea base en POZ.

Las topografías muestran la distribución de los cambios en la banda alfa (A) y teta (B). Los colores cálidos representan incremento de potencia y los colores fríos una disminución de potencia en relación con la línea base (periodo pre estímulo).

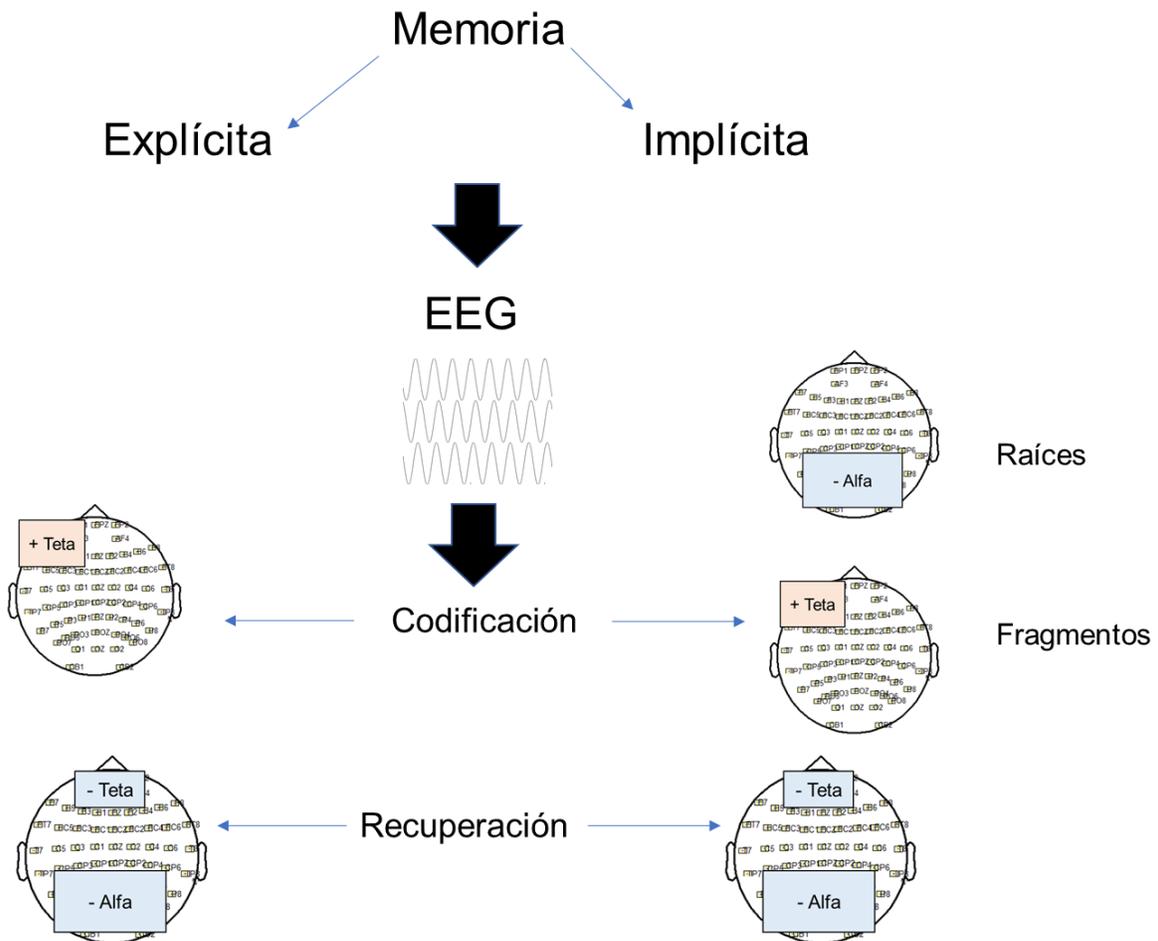


Figura A4. Síntesis de los efectos de memoria explícita e implícita y de acuerdo con fragmentos y raíces de palabras sobre la actividad eléctrica cerebral. A. Resultados durante la codificación de la memoria. Se observaron incrementos en áreas frontales en la banda teta para la memoria explícita, mientras una reducción de la banda alfa para la memoria implícita, que dependió del estímulo usado para recuperar subsecuentemente. Únicamente se dividen por fragmentos y raíces en el caso de la memoria implícita. B. Resultados durante la recuperación de la memoria. Ambos tipos de memoria evocaron la misma respuesta en el EEG.



GENDER DIFFERENCES IN WORD FRAGMENT AND WORD STEM COMPLETION MEMORY TASKS

Hector De Jesus Cervantes¹
Dora Elizabeth Granados Ramos
Universidad Veracruzana, Mexico

ABSTRACT

Implicit memory tasks involve an increase in performance for previously seen items when compared with new items, independent of whether or not participants correctly classify the item as old. In this study we evaluated the effect of sex differences on word fragment (WFC) word stem completion (WSC) tasks, under the hypothesis that they would show no differences between tasks, and that women would overall perform better than men. 24 undergraduate students participated in this study, which consisted of a shallow encoding task, followed by a fragmented word completion task. Results did not reveal differences in performance between men and women on overall word completion rates. However, we found differences between WSC and WFC in men and women. Contrary to our hypothesis, women did not perform better than men.

Keywords:

Implicit memory, Word stem completion, Word Fragment completion

RESUMEN

Las tareas de memoria implícita involucran una mejora en el desempeño para ítems previamente vistos comparados con ítems nuevos, independiente de si los participantes correctamente clasifican el ítem como antiguo. En este estudio evaluamos el efecto de las diferencias de sexo en tareas de completar fragmentos (WFC) y raíces (WSC), bajo la hipótesis de que no habría diferencias entre las tareas, y que las mujeres tendrían un rendimiento superior a los hombres. 24 alumnos de licenciatura participaron en este estudio, que consistió de una tarea de codificación superficial, seguida de una tarea de completar palabras fragmentadas. Los resultados no revelaron diferencias entre el desempeño de hombres y mujeres en el la taza de palabras completadas. Sin embargo, encontramos diferencias entre WSC y WFC en hombres y mujeres. Contrario a nuestra hipótesis, las mujeres no tuvieron un desempeño mayor a los hombres.

Palabras clave:

Memoria implícita, Tarea de completar fragmentos, Tarea de completar Raíces

¹ Address correspondence to Hector De Jesus Cervantes. E-Mail: zS13014942@estudiantesuv.onmicrosoft.com. We would like to thank CONACYT for the scholarship #300257 used in the financing of this study.

DIFERENCIAS DE GÉNERO EN FRAGMENTOS DE PALABRAS Y TAREAS DE MEMORIA DE TERMINACIÓN DEL VÁSTAGO DE PALABRAS

Scientists have considered memory as a process that consists of different systems, including long and short term memory, with long term memory being divided into explicit and implicit memory (Voss & Paller, 2009). Explicit memory, also known as declarative memory, can be further divided into episodic and semantic memory, and it includes information and events that are accessed intentionally and can be described verbally (Tulving & Schacter, 1990). On the other hand, implicit memory deals with memories that have an effect on an individual's behavior without an intention made by the subject to retrieve such memories. Implicit memory has been postulated to include many types of learning, such as non-associative learning, conceptual and repetition priming, classical conditioning and procedural learning among others (Goldstein, 2008; Razumiejczyk, Macbeth & López Alonzo, 2008; Sweatt, 2009).

Dissociations between implicit and explicit memory were first observed in patients with lesions in the medial-temporal lobe, which includes structures known to be essential for explicit memory. These patients exhibit anterograde amnesia, that is, an apparent inability to learn novel information, as their performance in explicit memory tests revealed. Conversely, in indirect tests of memory like word fragment completion (WFC) and word stem completion (WSC), patients with amnesia exhibit little to no deficit when compared with controls (Warrington & Weiskrantz, 1974). Dissociations have also been observed in normal participants, and separate neural correlates have been found for each type of memory (Badgayian & Posner, 1997; Graf & Schacter, 1985; Meng & Guo, 2007; Rugg, Mark, Walla, Schloerscheidt, Birch & Allan, 1998; see Voss & Paller (2004) for a literature review).

Indirect tests of memory are used to study implicit memory. These tests measure priming, defined as the effect that prior exposure of a stimulus has on subsequent processing of the same or a similar stimulus (Razumiejczyk, et al., 2008), and given its indirect nature can only be inferred based on performance (Lorenzi, Giunta & Stefano, 2006), such that prior exposure to words increases the probability of giving a correct answer when compared with baseline words (Rajaram & Roediger, 1993).

Different types of indirect tests of memory exist, and they can be divided into perceptual and conceptual tests, with perceptual tests being the most frequently used in priming. In perceptual tests, including WFC and WSC, participants are primed by the physical characteristics of stimuli as opposed to conceptual tests, though it has been argued that both conceptual and perceptual priming are always present to some degree (Schacter & Buckner, 1998). In the case of WFC tests, participants are asked to complete fragmented words, such as *_L_CE_A* instead of the word *ALACENA* (Cupboard in Spanish), usually with the first word that comes to mind. WSC involves the completion of stems, which are fragmented words that provide the first few letters as clues, such as *AMA_ _ _* instead of the word *AMANTE* (Lover in Spanish). Although there are many consistencies found between WSC and WFC tests, (Roediger, Weldon, Stadler & Rigler, 1992; Rajaram & Roediger, 1993), and theoretically report the same cognitive process, some differences between these tests have been established. Fey, Insingrini & Clarys (2005) observed that depth of processing has an effect on priming rates obtained in WSC but not on WFC tasks, where a deeper processing was correlated with higher priming rates only for WSC. These authors argue that lexical encoding may be important for only for WSC tasks, where the given stem cues participants to retrieve words from their lexicon to complete the item, in contrast to WFC, where the fragments do not give enough clues for lexical retrieval.

Gender differences in memory are usually not studied directly, in either implicit or explicit memory measures (Burton, Rabin, Bernstein, Frohlich, Wyatt, Dimitri, Constante & Guterman, 2004). Such differences can be rooted in both biological and social processes (Feingold, 1994), as has been shown in autobiographical memory task by Davis (1999) and a word stem completion task by (Lorenzi et al., 2006). Of the relatively few studies that study gender differences, Lorenzi et al. (2006) used a WSC task and found that women are better at completing word stems than men in an implicit memory test. However, Hertliz, Nisson & Bäckman (1997), in a study with a very large sample size found the differences in priming WSC

rates between men and women to be non-significant, ie. low effect size, although they did not report women's menstrual phase. Estrogen levels vary in women depending on their menstrual phase (which can be divided into a follicular and luteal phase) in women and have been suggested to have an impact on priming performance, as higher estrogen levels during the follicular phase appear to facilitate implicit memory retrieval that results in higher priming rates in object completion tasks (Maki, Rich & Rosenbaum, 2001). This interaction with different tasks emphasizes the need to control for women's menstrual cycle. Since many implicit memory studies use both male and female participants, it would be helpful to know the differences elicited by the women's menstrual cycle.

Concentration levels of estradiol in women also have an effect on cognitive activity, including memory (Hertlitz et al., 1997). It is important to note that the effect of estradiol and other hormones may differ for memory types and tasks, where estradiol levels have been shown to negatively correlate with certain implicit memory tasks including fragmented object recognition (Hampson, Finestone & Levy., 2004). On the other hand, Maki et al. (2001) found that priming rates were improved in a fragmented object identification test during the luteal phase, which is characterized by high estrogen and progesterone. Thus it is necessary to control for these levels whenever implicit memory is studied in women.

We hypothesized that completion rates in two implicit memory tasks would not show any differences. As women typically perform better on tasks with verbal stimuli, including memory tasks we expected this to hold true for both implicit memory measures and overall completion rates. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of sex on priming on two implicit memory tasks

Method

Participants

24 right-handed subjects (12 men and 12 women) participated in this study. Participants were Mexican middle-class undergraduate volunteers from the faculty of psychology of the Universidad Veracruzana, in Xalapa, Veracruz, Mexico. Participants' age ranged from 18 to 25 years (mean = 21.5 ± 2.1 years) and Spanish was their maternal language. All participants gave their written consent before participating in this study. In addition, women participated two weeks after the beginning of their menstrual period (after day 14), which corresponds to their luteal phase (Maki et al., 2002; Poromaa & Gingell, 2014). Open invitations were held for a whole semester, and the participants included in the sample were the ones who met the inclusion criteria.

Materials

240 infrequent words were obtained from a free lexical evocation task performed by 100 undergraduate students. Infrequent words were counted as those that were evoked by only one subject out of the hundred. 240 infrequent nouns, of word length between 6 and 12 letters were selected for this study.

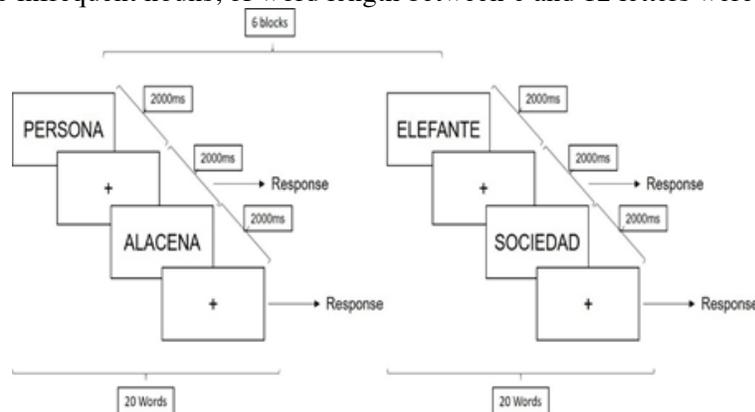


Figure 1. Encoding Task

These words were sorted into two 120 word lists, list A and list B, such that the words in list A were all matched by their first letter to the words of list B. List AB was then created, which consisted of fragments and stems from list A and B. Fragments were created by randomly deleting between 40 and 50% of the letters belonging to each word. Stems were created by deleting all but the first three letters of the word. Half of list AB consisted of fragmented words from each list (i.e. 60 words total) and half of stems. Words were separated into 6 blocks of 20 words for each list. We used a STIM 2 stimulus presentation system, located in a stimulus free room, for both the encoding and retrieval tasks. Stimuli were displayed on a 19 by 10.5 inch screen located 60 cm from the subject.

Procedure

Encoding task

Participants were seated and asked to read the following instructions which appeared on screen. The instructions were presented in Spanish:

“Count the number of syllables for each word that appears onscreen. Do not tell me your answer until the word disappears and a cross appears onscreen. Do not blink and do not move while the words appear. When words stop appearing and a white screen appears, you can move and blink if you desire. We will begin with a brief example.”

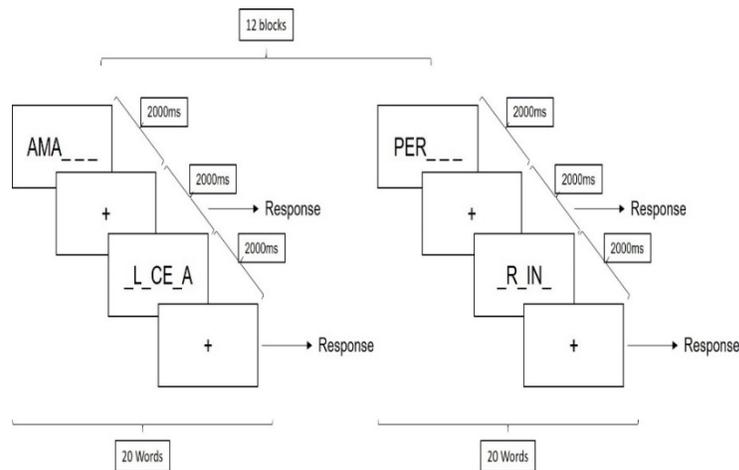


Figure 2. Retrieval Task

Afterwards, participants were exposed to three sample stimuli, in which they demonstrated an understanding of the instructions shown. Once they successfully completed the sample stimuli, participants were presented with the words from list A, one word at a time. Each word appeared for 1000 milliseconds (ms), and was followed by a fixation point that lasted for 1500 ms. Participants were asked to count the number of syllables in each word as soon as the word came onscreen, but to wait until the fixation point to answer how many syllables they counted. Between each block of 20 words, participants were given a small break that was cued by a white screen with no words. This sequence was repeated until the end of each block (Figure 1).



Retrieval Task

The retrieval task was similar to the online recognition method used by Richardson-Klavehn & Gardiner (1995) which permits the evaluation of both recognized and implicitly completed items. The task was done after a 20 minute break. Participants were first presented with the instructions for the procedure: *“Complete in silence and as fast as possible the word fragments that appear onscreen. Try to complete it with the first word that comes to mind. Some of the fragments can be completed with words that appeared on the previous list. If the word you used to complete the fragment was a word you saw before, press button one. If it is a new word, press button two. Once the cross has appeared onscreen, say your answer, if any.”*

Participants were presented with one fragment or stem at a time. Each stimulus was displayed on screen for 2 seconds, after which a fixation cross appeared. Participants were asked to mentally solve the incomplete word as soon as it appeared on screen, but to wait until the fixation cross to give their answer, if any. After giving an answer, participants were asked to press one of two buttons on the Stim pad: Button one if they felt they had seen the word before and button 2 if they considered the word to be new. Since the fragmented words were presented for only a few second, participants were asked to maintain their gaze on the screen for as long as the fragmented words of each block were presented, so that they would not miss any words. Similar to the encoding task, participants were allowed to rest for a few seconds. A diagram for this procedure can be seen in Figure 2. Behavioral results were analyzed by categorizing correctly completed fragments and stems into primed and unprimed items, according to prior exposure. Primed words were counted as words from list A that participants used during the retrieval task to solve stems and fragments but that they did not recognize as having seen before, that is they pressed button 1. Priming rate was calculated by subtracting the number of correctly completed baseline words from the number of correctly completed primed words. All statistical analyses were done using Sigmastat software, while graphs were made in Statistica 7. Post-hoc sensitivity power analysis were calculated using the program G*Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007).

Results

All participants completed more fragmented words belonging to list A than baseline words, revealing a significant difference ($t(23)= 15.01, p<.01$) of word completion rates between baseline and primed items, with primed items ($M=35.3, S.D.= 5.6$) having higher completion rates than baseline words ($M=17.96, S.D.=3.7$) This remained true when men ($t(11)=9.3, p<.01$) and women ($t(11)=11.9, p<.01$) were analyzed separately. Between men and women, no significant differences were found in either baseline performance ($t=.18, p=.85, \text{Cohen's } d=.2$), with an average of 18 words completed for both men and women ($S.D. \pm 4.4$ and 3.1 words respectively), or in priming completion rates ($t(22)=.436, p=.67, \text{Cohen's } d=.18$) with an average of 35 words ($SD \pm 5.6$) completed by women and 36 words ($S.D. \pm 5.9$) completed by men.

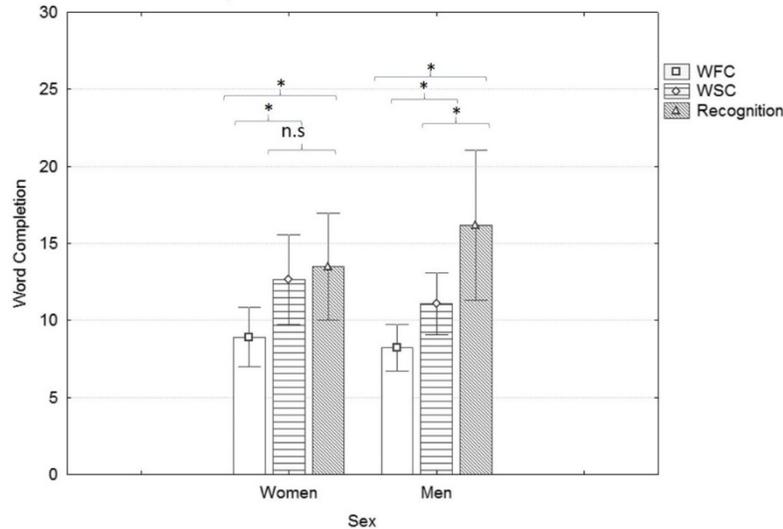


Figure 3. Number of correctly completed words for women and men depending on memory response type (WFC and WSC for implicitly recovered items, Recognition for correctly completed items that were recognized). Bars represent the mean number of correctly completed words. Error bars represent \pm 95% C.I. *= $p < .05$

Analyses between memory response types for men and women showed a different trend. Items that were correctly completed but not recognized (WSC and WFC) had higher completion rates than items that were completed with recognition ($t(23) = -3.3$, $p = .003$, Cohen's $d = .87$). Using Friedman repeated measures analysis on ranks we found significant differences for both men ($X^2_{(2)} = 9.7$, $p < .05$) and for women ($X^2_{(2)} = 7.19$, $p < .05$) between WFC, WSC and recognition items.

A Post-hoc Tukey test revealed statistically significant differences between WSC and WFC completion rates in women ($q = 3.3$, $p < .05$) and in men ($q = 3.4$, $p < .05$), but only between WFC and recognition completion rates ($q = 4.43$, $p < .05$) in men. No differences were found between WSC and recognition completion rates in either men ($q = .87$, n.s.) or women ($q = .144$, n.s.). Individual comparisons for response types between men and women revealed no statistically significant differences (Figure 3). Sensitivity analysis performed for within-subject differences by setting $\alpha = .05$, $1 - \beta = .8$ and the current sample size for a two tailed t-test revealed the minimum detectable effect size to be 1.2, considered to be a large effect size.

Discussion

The aim of this study was to find the effect of sex on WSC and WFC tasks. Overall completion rates for implicit and explicit measures were similar to those found by Paller (1990), even though free recall was used in that experiment. We did not find enough evidence for differences between men and women in general priming rates. Although the statistical power of this study is low, our results are similar to those found by Herlitz et al. (1997), who in a study with a larger sample size found no differences between sexes, albeit only using a word stem fragment task instead of both the word fragment and stem completion tasks used in this study. On the other hand, Lorenzi et al. (2006) found that women performed better than in WSC and a free recall task. The task we used to measure explicit memory comparison was word recognition, which might explain this inconsistency. Further studies with higher statistical power should be realized to explore this issue.

Even though the main priming effects did not favor either sex, differences within memory responses varied. Men and women showed differences when contrasting WFC with WSC, but only men showed differences between WSC and recognition memory. This could be interpreted as evidence for explicit contamination in WSC but not on WFC, which has been argued before (Roediger et al., 1992), though our



data shows that this could be only for men and not for women. Indeed, previous studies have shown higher scores in word stem cued recall compared with priming rates (Paller, 1990). If this is the case, further studies should investigate why this did not happen for WFC.

We found within subject differences between WSC and WFC for men and women, which we did not expect given that both tasks theoretically report the same process, that is, implicit memory. One explanation would be that an unknown variable affected WSF and WSC, more so in men than in women. These results could also be the result word stems are easier to complete than word fragments. Having future studies use infrequent stem completion responses as primes is one solution. On the other hand, WSC may depend on different processes including lexical retrieval. In Spanish however, lexical retrieval as measured in a free lexical evocation task did not show differences between men and women (Pelayo-González, Granados-Ramos, & Alcaráz-Romero, 2012), and thus lexical retrieval by itself cannot explain the different trends for each gender found in this study.

A different possibility could lie in the stage of the menstrual cycle women were evaluated in. As has been well stated by Hampson et al. (2005), estrogen effects on memory are probably complex. Maki et al. (2002) found an interaction between Study-Test completion rates and estrogen levels. Although cycle variability would suggest the need for future studies involving a comparison between different periods of the menstrual cycle, if one is interested only in controlling for behavioral overall priming rates between men and women, our study shows that evaluating women in their luteal phase is adequate for such purposes. If however in the differences between the processes involved in these tasks is of interest, then a comparison between men and women at different stages would be necessary.

The fact that word stems and word fragments were used simultaneously must also be taken into account for future studies in order to further understand the results obtained. Randomly switching between fragmented incomplete word types, that is between word fragments and word stems, might have impeded performance in one of the tasks. Thus, task switching might have a differential effect on the processes involved in WSC and WFC, which could explain the lower word fragment completion rates found in men. Weiss, Ragland, Brensinger, Bilker, Deisenhammer & Delazer (2006), obtained results showing a clear advantage for women over men in a verbal fluency task, results they attributed to a more efficient task switching strategy used by women. A future study could make use of reaction times to measure the effects of said task switching on performance, using both mixed word fragment and word stem lists as well as separate word lists. Even if using both tasks may come at a cost, there are some benefits that could be explored in these studies, such as the integration of an ERP or another neurophysiological paradigm to the simultaneous study of both tasks.

References

- Badgaiyan, R. D., & Posner, M. I. (1997). Time course of cortical activations in implicit and explicit recall. *The Journal of Neuroscience*, 17(12), 4904-4913.
- Burton, L. A., Rabin, L., Vardy, S. B., Frohlich, J., Wyatt, G., Dimitri, D., & Guterman, E. (2004). Gender differences in implicit and explicit memory for affective passages. *Brain and Cognition*, 54(3), 218-224.
- Davis, P. J. (1999). Gender differences in autobiographical memory for childhood emotional experiences. *Journal of personality and social psychology*, 76(3), 498.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Fay, S., Isingrini, M., & Clarys, D. (2005). Effects of depth-of-processing and ageing on word-stem and word-fragment implicit memory tasks: Test of the lexical-processing hypothesis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(6), 785-802
- Feingold, A. (1994). Gender differences in personality: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 116(3), 429.

- Goldstein, E. B. (2008). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience*. Supplement. *Cengage Learning*.
- Hampson, E., Finestone, J. M., & Levy, N. A. (2005). Menstrual cycle effects on perceptual closure mediate changes in performance on a fragmented objects test of implicit memory. *Brain and cognition*, 57(2), 107-110.
- Herlitz, A., Nilsson, L. G., & Bäckman, L. (1997). Gender differences in episodic memory. *Memory & cognition*, 25(6), 801-811.
- Lorenzi, I., Giunta, F., & Di Stefano, M. (2006). Implicit and explicit memory formation: influence of gender and cultural habits. *Archives italiennes de biologie*, 144(1), 25-31.
- Maki, P. M., Rich, J. B., & Rosenbaum, R. S. (2002). Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*, 40(5), 518-529.
- Meng, Y., & Guo, C. (2007). ERP dissociation and connection between implicit and explicit memory. *Chinese Science Bulletin*, 52(21), 2945-2953.
- Mitchell, D. B. (2006). Nonconscious Priming After 17 Years Invulnerable Implicit Memory?. *Psychological Science*, 17(11), 925-929.
- Paller, K. A. (1990). Recall and stem-completion priming have different electrophysiological correlates and are modified differentially by directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(6), 1021.
- Pelayo-González, H.J., Granados-Ramos, D.E., & Alcaráz-Romero, V.M., (2012). Características de la evocación lexical libre en una población mexicana adulta. *Neuropsicología Latinoamericana*, 4(4)
- Poromaa, I. S., & Gingnell, M. (2014). Menstrual cycle influence on cognitive function and emotion processing—from a reproductive perspective. *Frontiers in neuroscience*, 8.
- Rajaram, S., & Roediger, H. L. (1993). Direct comparison of four implicit memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(4), 765.
- Razumiejczyk, E., Macbeth, G., & López Alonso, A. O. (2008). Evidencia de priming gustativo y su disociación con la memoria explícita. *Revista Universitas Psychologica*, 7(2), 549-556.
- Richardson-Klavehn, A., & Gardiner, J. M. (1995). Retrieval volition and memorial awareness in stem completion: An empirical analysis. *Psychological research*, 57(3), 166-178.
- Roediger, H. L., Weldon, M. S., Stadler, M. L., & Riegler, G. L. (1992). Direct comparison of two implicit memory tests: Word fragment and word stem completion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(6), 1251
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392(6676), 595-598.
- Sherwin, B. B. (2012). Estrogen and cognitive functioning in women: Lessons we have learned. *Behavioral neuroscience*, 126(1), 123.
- Soler, M. J., Ruiz, J. C., Vargas, M., Dasí, C., & Fuentes, I. (2011). Perceptual priming in schizophrenia evaluated by word fragment and word stem completion. *Psychiatry research*, 190(2), 167-171.
- Sweatt, J. D. (2009). *Mechanisms of memory*. Academic Press.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory 1. Organization of Memory. *London: Academic*, 381, 402.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247(4940), 301-306.
- Voss, J. L., & Paller, K. A. (2008). Brain substrates of implicit and explicit memory: The importance of concurrently acquired neural signals of both memory types. *Neuropsychologia*, 46(13), 3021-3029.
- Warrington, E. K., & Weiskrantz, L. (1968). A study of learning and retention in amnesic patients. *Neuropsychologia*, 6(3), 283-291.



- Warrington, E. K., & Weiskrantz, L. (1974). The effect of prior learning on subsequent retention in amnesic patients. *Neuropsychologia*, 12(4), 419-428.
- Weiss, E., Ragland, D., Bressinger, C., Bilker, W., Deisenhammer, E., M., Delazer. (2006) Sex differences in clustering and switching in verbal fluency tasks. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 12, 502–509.

Received:11/29/2015
Accepted:06/08/2016