



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Instituto de Neurobiología**

**CARACTERIZACIÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICA DEL PROCESAMIENTO  
DE LA INFORMACIÓN VERBAL EN UNA TAREA DE RECONOCIMIENTO  
DE PALABRAS**

Tesis que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias (Neurobiología)  
Presenta

la Licenciada en Psicología Haydée Guadalupe García Lázaro

Director de Tesis:

Dra. Thalía Harmony Baillet

Campus Juriquilla, Querétaro. Octubre 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

---

---

Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto de Neurobiología

Los miembros del Comité Tutorial certificamos que la tesis elaborada por: Haydée Guadalupe García Lázaro cuyo título es: “Caracterización electroencefalográfica del procesamiento de la información verbal en una tarea de reconocimiento de palabras” se presenta como uno de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Ciencias (Neurobiología) y cumple con los criterios de originalidad y calidad requeridos por la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Firma

Presidente

Dra. María Corsi Cabrera \_\_\_\_\_

Secretario (Tutor)

Dra. Thalía Harmony Baillet \_\_\_\_\_

Vocal

Dr. Juan Felipe Silva Pereyra \_\_\_\_\_

Suplente

Dr. José Luis Marroquín Zaleta \_\_\_\_\_

Suplente

Dr. Hugo Merchant Nancy \_\_\_\_\_

Aprobado por el Comité Académico

\_\_\_\_\_  
Coordinador del Programa

---

---

## RESUMEN

### CARACTERIZACIÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN VERBAL EN UNA TAREA DE RECONOCIMIENTO DE PALABRAS

La lectura de palabras es un proceso cognoscitivo que identifica signos gráficos y los reconoce como signos lingüísticos. La lectura de palabras escritas implica tres niveles de análisis de la información: análisis visual, léxico-fonológico y semántico (Ellis & Young, 1992). El objetivo de este trabajo fue caracterizar electrofisiológicamente cada uno de los subprocesos de la lectura. Participaron 24 jóvenes con edad promedio de 27 años, con CI normal, sin enfermedades neurológicas o psiquiátricas, con visión normal y sin adicciones a las drogas o alcohol. Se usaron cuatro tareas para evaluar cada nivel de análisis: discriminación de símbolos, tarea de decisión léxica, tarea de juicio semántico y tarea control. En cada una de ellas se usaron 600 estímulos (palabras de animales, palabras de objetos, pseudopalabras, arreglos de letras y símbolos, 120 por categoría) que fueron presentados por 200 mseg en el centro de la pantalla simultáneamente que se registraba el EEG con 19 electrodos distribuidos según el sistema Internacional 10/20.

Los resultados mostraron un patrón de incremento de la potencia en 1-8 Hz (actividad delta y theta) que se ha asociado a procesos de memoria de trabajo verbal y a memoria semántica y un decremento de la potencia en 8-50Hz (alfa, beta y gamma) también relacionado con procesos atención y respuesta motora. La latencia del incremento de potencia fue distinto para cada procesamiento realizado: análisis visual, léxico-fonológico o semántico, siendo más tardío en el análisis semántico que el léxico-fonológico y visual.

Estos datos sugieren que electrofisiológicamente son distintos los subprocesos de la lectura en el tiempo, frecuencia y topografía (TTF).

---

---

## SUMMARY

### Electrophysiology description of verbal's processing during reading of words

Reading is a process that identifies graphic symbols and recognizes them as linguistics signs. One model of reading proposes three components: a visual, lexical-phonological and semantic analysis system (Ellis & Young, 1992). The aim of this study was to characterize electrophysiologically each one of the components in the model of reading.

A total of 24 young adults participated in the study. We designed four tasks to evaluate the process of reading. In these tasks we use 600 stimuli (animal's words, object's words, pseudowords, strings of letters and symbols, 120 of each one) that were presented in random order at the center of the screen and the only difference between tasks was the following instructions: The first task consisted of a quick response to all stimuli without any distinction between them. The second task consisted of the discrimination of symbols, the third task consisted of the discrimination of words including objects and animals, and the fourth task consisted of a fast response quickly respond to discriminate words of animals of the other kind of stimuli. EEG recordings were performed during the tasks execution.

We observed differences in the frequency (1-8 Hz), topography and in the time of the induced power in the words, pseudowords, string of letters and symbols compared between them in each of four tasks. These results suggest that the increase of induced power of EEG varied according to with the process of reading (visual, lexical-phonological and semantic analysis) done.

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Thalía Harmony por todo su tiempo y sus enseñanzas y por su confianza en mí para desarrollar este trabajo. MIL GRACIAS.

A la Dra. Thalía Fernández por su apoyo teórico y por brindarme un espacio en el laboratorio B06 de este instituto.

Al Dr. José Luis Marroquín, Dr. Salvador Ruiz Correa y el Ingeniero Omar Mendoza del CIMAT (Centro de Investigación en Matemáticas) por su colaboración en el análisis de la señal de EEG de los datos de esta Tesis.

A Dra. Isabel Miranda por sus aportaciones durante los exámenes tutoriales de la maestría.

A todos los miembros del jurado que revisaron este trabajo.

Agradecimientos a:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por los recursos otorgados para realizar la Maestría en Ciencias y desarrollar este trabajo de tesis.

Becario No: CVU 268844

Biblioteca

A todo el personal de la biblioteca, especialmente al Sr. Román Pacheco Barrita por su apoyo y su interés para reclutar a los sujetos experimentales de este trabajo.

Videoconferencia

A la Lic. Lourdes Lara Ayala por su apoyo en los enlaces por videoconferencia.

A todos los participantes que fueron sujetos experimentales, ya que sin su apoyo simplemente este trabajo no hubiera sido posible. Gracias.

---

---

## ÍNDICE

Resumen español.....	3
Resumen inglés.....	4
1.-Introducción.....	7
1.1 Electroencefalografía.....	10
1.1.1 Origen de la actividad del EEG.....	12
1.2 Actividad Inducida.....	14
1.3 Lectura de Palabras.....	19
1.3.1 Modelos de Lectura.....	20
1.3.2 Anatomía de la lectura.....	25
2. Antecedentes.....	27
3. Justificación.....	30
4. Hipótesis.....	32
5. Objetivos.....	33
6. Sujetos, material y métodos.....	33
7. Resultados.....	43
8. Discusión.....	59
9. Conclusiones.....	68
Referencias.....	69

---

---

## 1.-INTRODUCCIÓN

El lenguaje es un proceso humano complejo que sigue patrones temporales bien organizados, esto favorece que nuestro cerebro codifique, reconozca e interprete la información verbal (signos lingüísticos) con mayor facilidad en comparación con el ruido de fondo. El lenguaje es un sistema organizado jerárquicamente formado por pequeñas unidades que generan múltiples posibilidades de combinación y un cambio pequeño en la estructura, ritmo o sintaxis puede alterar el sentido de la información y el mensaje final, que además se enriquece con la posibilidad de interpretar un mismo código de manera distinta.

De la misma forma el cerebro también es un sistema organizado jerárquicamente que es capaz de formar redes neuronales acopladas temporal y espacialmente y que oscilan a distintas frecuencias. El cerebro posee una naturaleza dinámica por lo que la formación, organización y comportamiento de las redes neuronales variará según los estados internos del sistema y las demandas del ambiente.

La actividad neuronal comprende la actividad excitatoria e inhibitoria y es ésta última la que permite generar patrones complejos de comportamiento en las redes neuronales. Si el sistema fuese solamente excitatorio la actividad neuronal sería más predecible porque la excitación generaría siempre patrones de excitación; sin embargo, la actividad inhibitoria en al menos un nodo de la red genera dos posibilidades: Inhibición si la siguiente neurona es excitatoria o excitación si la siguiente neurona es inhibitoria. De esta forma entre más elementos conformen la red, mayor es la en los patrones que se pueden generar. Por esta razón los patrones de disparo neuronal son difíciles de predecir porque su actividad depende de forma importante de los detalles de las conexiones que sostiene una neurona con la red (si hay elementos excitatorios o inhibitorios) y cómo están configurados estos, por lo

---

---

tanto cualquier cambio en las parámetros de las relaciones por mínimo que éste sea incide en la actividad global y local de la red. Esta propiedad de las redes se conoce como no linealidad (Buzsaki, 2006).

Es a través de este balance entre los sistemas de inhibición y excitación que se logra la configuración de la actividad cortical. Esta relación balanceada es la que asegura una regulación homeostática global en la tasa de disparo neuronal en grandes regiones corticales al mismo tiempo que permite que exista un incremento localizado de excitabilidad en ventanas de tiempo cortos (Buzsaki, 2006).

Por estas razones se propone que una de las principales funciones del sistema inhibitorio es el establecimiento de la temporalidad en las conexiones de las redes neuronales debido a sus características para producir y mantener acciones finamente cronometradas en el tiempo.

Cada ciclo oscilatorio es un proceso temporal con una ventana de tiempo de procesamiento de mensajes completos, la longitud de onda en la que se codifica dicha información determina la longitud de la ventana de tiempo de procesamiento y está indirectamente relacionado con el tamaño de la red neuronal involucrada (Buzsaki, 2006).

Para que exista una comunicación efectiva, es decir no sólo un enlace anatómico sino un procesamiento de información es importante que estos grupos neuronales posean un comportamiento oscilatorio con patrones de coherencia entre ellos porque las ventanas de tiempo de codificación de información van a estar determinadas por las ventanas de tiempo que exista coherencia entre las distintas oscilaciones (Fries, 2005).

Distintas frecuencias favorecen ciertos tipos de conexiones y diferentes niveles de computación de la información. Las ondas lentas involucran la participación de grandes redes neuronales y en cambio las oscilaciones rápidas tienen ventanas de tiempo cortas que facilitan la integración local de la información. Existe una relación entre la amplitud y el número de elementos involucrados en una red. Entre mayor es

---

---

el número de neuronas interconectadas en dicha red y activadas coherentemente hay un aumento de amplitud y un decremento en la frecuencia de oscilación (Buzsaki, 2006; Steriade, 2004). Esto muestra que la actividad oscilatoria cortical tiene una gran posibilidad de configuraciones, en el tiempo, el espacio y la frecuencia.

Por estas razones se propone que procesos complejos como la percepción, la memoria o el lenguaje no producen estados de procesamiento generalizados sino que son una serie de microestados caracterizados por incremento o decremento de la actividad oscilatoria neuronal respecto al estado basal o “default” y que estos cambios pueden evidenciarse a distintos niveles.

La sincronización de las redes neuronales es el candidato más importante para reflejar mecanismos de integración de la información necesarios para llevar a cabo procesos cognoscitivos. La sincronización requiere una actividad coordinada de grandes arreglos neuronales ampliamente distribuidos y mecanismos que permitan esta comunicación efectiva.

La respuesta neuronal siempre lleva al menos dos tipos de información: las características de la información que procesa y envía y con quién se va a establecer la comunicación, por un lado la primera es codificada en su tasa de disparo y la segunda contiene la relación temporal entre la respuesta individual de un grupo neuronal y de donde se van a derivar las características de la oscilación de ese arreglo neuronal (Singer, 2009).

Las interacciones recíprocas entre los parámetros de las redes neuronales son la base de esta integración. La interacción entre el acoplamiento de fase y la dispersión de fase a través de diferentes frecuencias a lo largo del tiempo (Varela et al., 2001) permite la comunicación entre ellas porque este acoplamiento de fase genera ventanas temporales de comunicación entre un ensamble neuronal que oscila a cierta frecuencia con otro de igual o diferente frecuencia de oscilación y localización (Fries, 2005).

La sincronización entre arreglos neuronales es un *proceso observable en* varias escalas del tiempo y del espacio en el sistema nervioso. Varela et al., (2001) distingue al menos dos niveles: el local y el de gran escala: la sincronización local comprende regiones muy pequeñas separadas por menos de  $\approx 1$  cm y que se puede observar con electrodos en registros unicelulares, en registro de potenciales de campo, entre electrodos de registro intracortical y con registro de EEG de superficie (Ver figura 1). La sincronización de gran escala es aquella observada entre regiones cerebrales distantes y puede ser medida por métodos como la coherencia entre electrodos, la correlación o el acoplamiento de fase (*phase locking*) entre las señales de diferentes sensores (Varela et al., 2001).

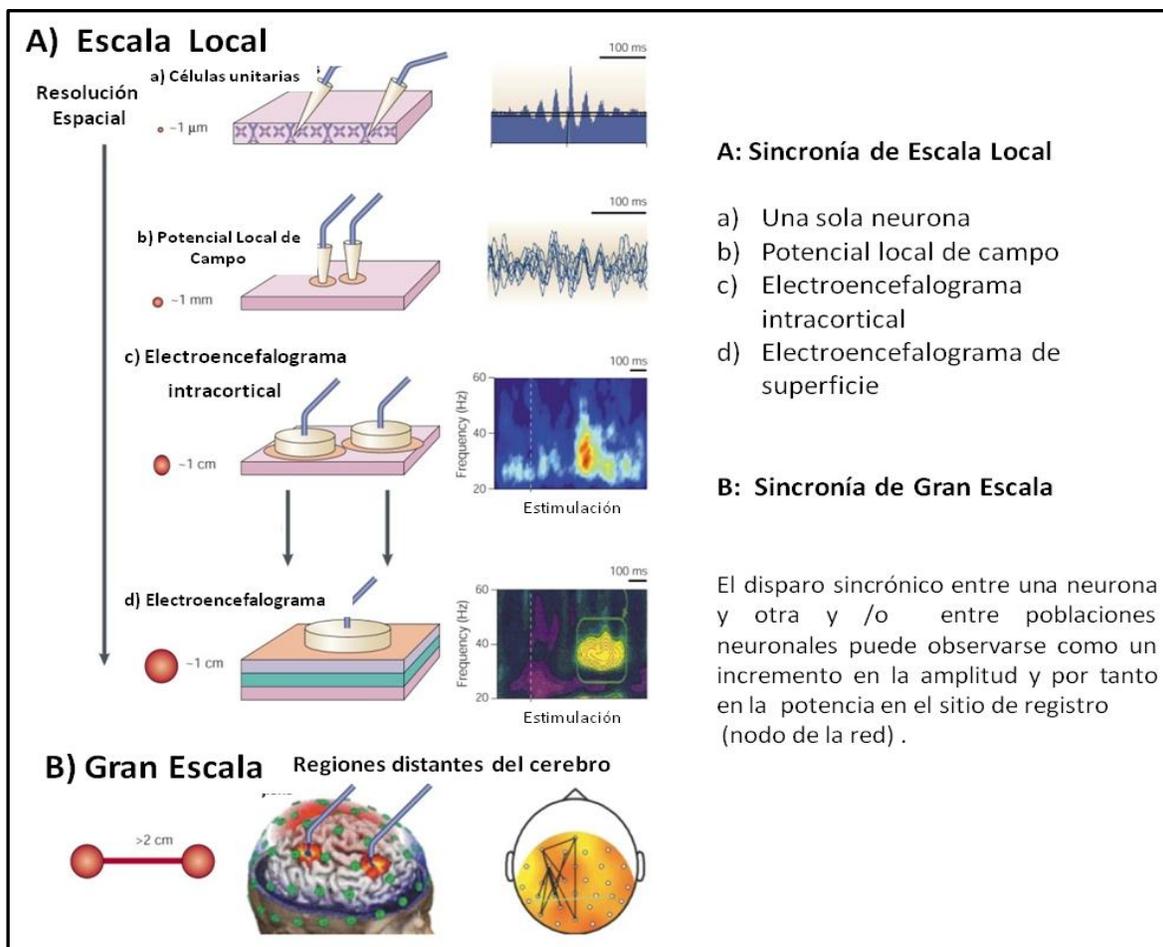


Figura 1. Se presentan los tipos de sincronización de la actividad neuronal: local y de gran escala. (Tomado de Varela et al., 2001)

---

---

## 1.1- Electroencefalografía

El registro encefalográfico (EEG) de superficie nos permite medir las oscilaciones de voltaje generados por las corrientes iónicas intra y extracelulares en una gran población de neuronas con determinada distribución espacial que se activan sincrónicamente (Steriade, 2004). La actividad electroencefalográfica es la expresión estadística, momento a momento de la conducta, de diferentes poblaciones neuronales. Los cambios en la señal de EEG implican cambios en la actividad coherente de las células que se deben a efectos locales, cambios remotos en las entradas aferentes o una combinación de ambos causada por procesos físicos y químicos (Harmony, 1977).

La activación sincrónica de un gran número de neuronas (suma temporal y espacial de los potenciales postsinápticos) conlleva un incremento en la amplitud del potencial de campo resultante en el sitio de registro. Este incremento en el disparo oscilatorio sincrónico local de las poblaciones neuronales se manifiesta como incremento en la amplitud de los electrodos de registro en el EEG. Asimismo un decremento en la amplitud podría deberse a un desacoplamiento de los elementos de la red o bien a una fractura en ella que evidenciaría una dinámica neuronal distinta.

El patrón de la actividad electroencefalográfica varía en su amplitud principalmente según la edad, el género, la lateralidad, el nivel de alerta, la fatiga, la habituación, el uso de cafeína, nicotina, alcohol y drogas. También se observan cambios según el estado de procesamiento de información perceptual, motor y cognitivo que esté realizando el individuo (Gevins, 2002; Niedermeyer, 2004).

---

---

En adultos normales la amplitud del voltaje en el EEG es menor de  $75\mu\text{v}$ , sin embargo en estados patológicos la amplitud varía considerablemente. Clásicamente se han establecido cinco rangos de frecuencia de la actividad electroencefalográfica: delta  $\delta$  (0.5 - 4Hz), theta  $\theta$  (4-8Hz), alfa  $\alpha$  (8-12Hz), beta  $\beta$  (12-30Hz) y gamma  $\gamma$  ( $> 30\text{Hz}$ ) (Gevins, 2002; Niedermeyer, 2004).

### 1.1.1 Origen de la actividad de EEG

Las estructuras neuronales que poseen una organización espacial ordenada y todos sus árboles dendríticos están orientados en la misma dirección tienen actividad eléctrica que se puede sumar y a esto se le conoce como estructuras de campo abierto por ejemplo la corteza cerebral que está formada por columnas (Ver figura 2).

Por el contrario las estructuras neuronales de campo cerrado tiene una arquitectura organizada concéntricamente o bien aleatoria y los campos eléctricos generados por esas estructuras se orientan en distintas direcciones y eso favorece que la suma algebraica de los dipolos generados sea cero o se aproxime a cero y no se pueda evidenciar en este nivel de registro. El núcleo pulvinar y el núcleo olivar son ejemplos de ello (Lorenté de Nó, 1947, citado en Fabiani et al., 2000) (Ver figura 2).

Así la actividad registrada con el EEG representa la conducción pasiva de corriente producida por la suma de grandes arreglos neuronales que forman estructuras de campo abierto y que se activan sincrónicamente ya que facilitan la formación de dipolos de corriente que puede ser detectada por los sensores colocados en el cuero cabelludo.

El principal generador de la actividad de EEG de superficie la suma espacial y temporal de los potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios de las células piramidales de la corteza cerebral. Sin embargo es relevante observar que la corteza posee regiones como los giros donde este supuesto se cumple, pero también tiene

surcos donde la orientación de las neuronas de la corteza cambia y el dipolo generado tiene una distribución tangencial que no contribuye de forma similar al potencial de campo registrado (Brandeis, Michel y Amzica, 2009) (Ver figura 2).

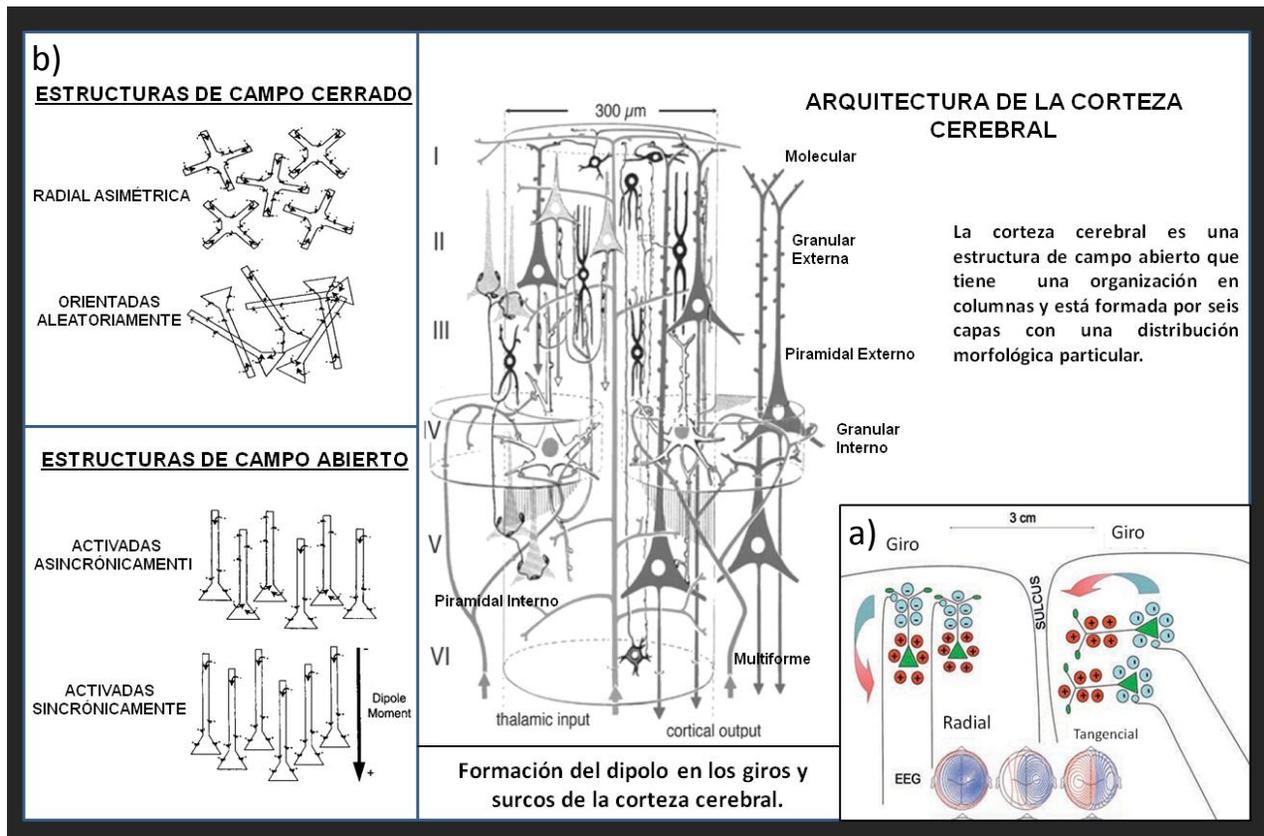


Figura 2. Organización en columnas de las neuronas de la corteza cerebral. En a se presenta un esquema de configuración de las estructuras de campo abierto y cerrado. B) Estructura de la corteza cerebral en los giros y surcos (Tomado de Brandeis, Michel y Amzica, 2009).

## 1.2 ACTIVIDAD INDUCIDA

La actividad oscilatoria neuronal puede básicamente clasificarse como actividad de base y como actividad relacionada con un evento, esta última puede ser actividad

---

---

evocada o actividad inducida. La actividad oscilatoria neuronal de base es aquella que está presente todo el tiempo y se considera como estado basal. La actividad de base puede ser perturbada y sufrir cambios debidos a un evento o estimulación; estos cambios en la actividad de base debido a un evento se conocen como actividad evocada o inducida relacionada con un evento porque están acopladas temporalmente a él.

Toda la actividad relacionada con un evento está acoplada en el tiempo, pero no necesariamente en la fase con él. Las señales periódicas como la actividad del EEG pueden describirse por funciones sinusoidales en los que la fase o ángulo de fase se refiere a su desplazamiento hacia la derecha o la izquierda con respecto a una referencia, la cual puede ser un evento o estímulo o bien otra señal de referencia. La fase de una señal se mide en grados o en radianes (Ver figura 3).

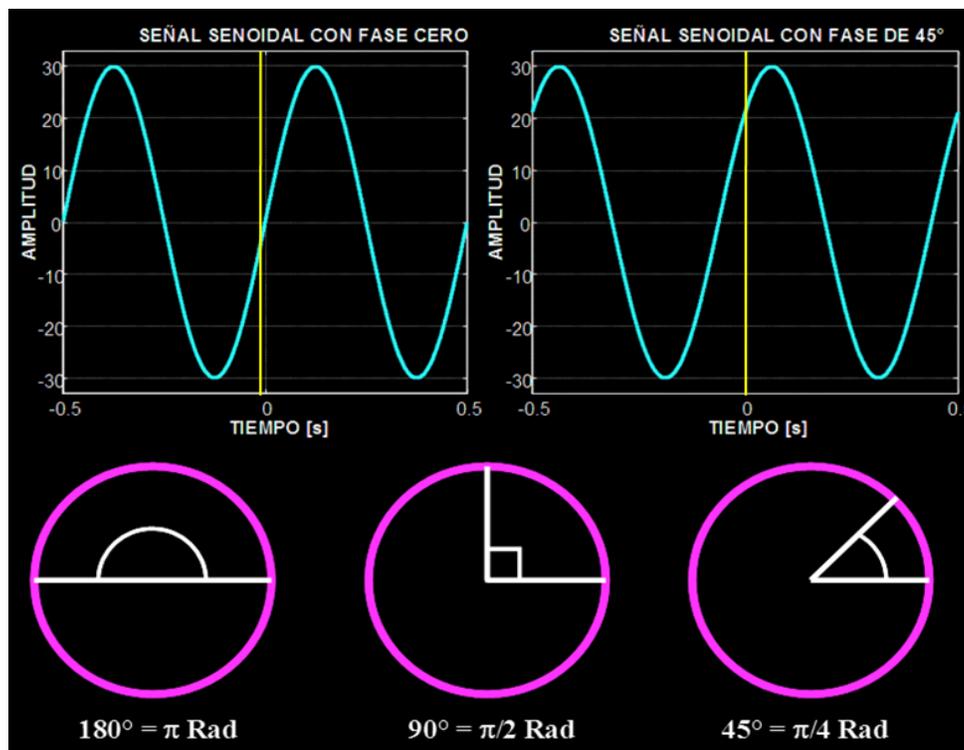


Figura 3. Se muestra una señal sinusoidal y un ejemplo con una señal con fase 0° y una con fase de 45° respecto de tiempo de referencia 0.

---

---

La actividad inducida a diferencia de la actividad evocada no está acoplada en fase con el evento (David, Kilner y Friston, 2006). Para estimar la actividad evocada en la señal de EEG o MEG primero se hace el promedio de la señal en los ensayos de interés y después se realiza el cálculo de la potencia, en cambio para calcular las oscilaciones inducidas la descomposición en tiempo-frecuencia se aplica a cada ensayo y después se obtiene la potencia promedio de todos los ensayos. (David, Kilner y Friston, 2006) ya que las respuestas no acopladas en fase son no estacionarias (la fase varía de ensayo a ensayo) y de esta forma pueden ser reducidas de manera importante y hasta canceladas con el cálculo del promedio a lo largo de los ensayos.

La actividad de las respuestas evocadas es transitoria y acoplada en el tiempo y en la fase con el evento y no existe hasta que es evocada o disparada por dicho evento (Bastiaansen, Mazaheri y Jensen, 2008). En cambio la actividad inducida es generada por procesos de alto orden como la unión o sincronización en donde los patrones de disparos pueden inducir amplias fluctuaciones en los potenciales de membrana de neuronas vecinas que facilitan la transferencia de información por medio del disparo sincrónico. La actividad inducida es de esta forma un correlato de la actividad sincrónica de grandes redes neuronales que siempre está y que cambia su dinámica según el tipo de procesamiento que realiza (Bastiaansen, Mazaheri y Jensen, 2008).

En los últimos años se han desarrollado diversas metodologías para calcular la actividad inducida y la sincronía entre distintas regiones. Una de las primeras propuestas fue la de Pfurtscheller and Aranibar (1977) quienes observaron que un evento (interno o externo) generaba un cambio en el patrón de oscilación de la actividad del EEG.

A la disminución de la actividad oscilatoria la llamaron desincronización relacionada con un evento (ERD) y al incremento lo llamaron sincronización relacionada con un evento (ERS). Este cambio lo calculaban como un cambio relativo (porcentaje de

cambio) respecto al periodo previo al evento. Ambas actividades estaban caracterizadas porque tenían una topografía definida, conducta fásica en una frecuencia específica y podían ser asociados con un proceso específico (Ver figura 4).

De acuerdo con Pfurtscheller y Lopes Da Silva (1999, 2000) este cambio en la actividad oscilatoria es generado por un cambio en uno o más parámetros que controlan las oscilaciones en las redes neuronales. Estos parámetros están dados por:

1. Las propiedades intrínsecas de las membranas de las neuronas y sus procesos dinámicos de sinapsis.

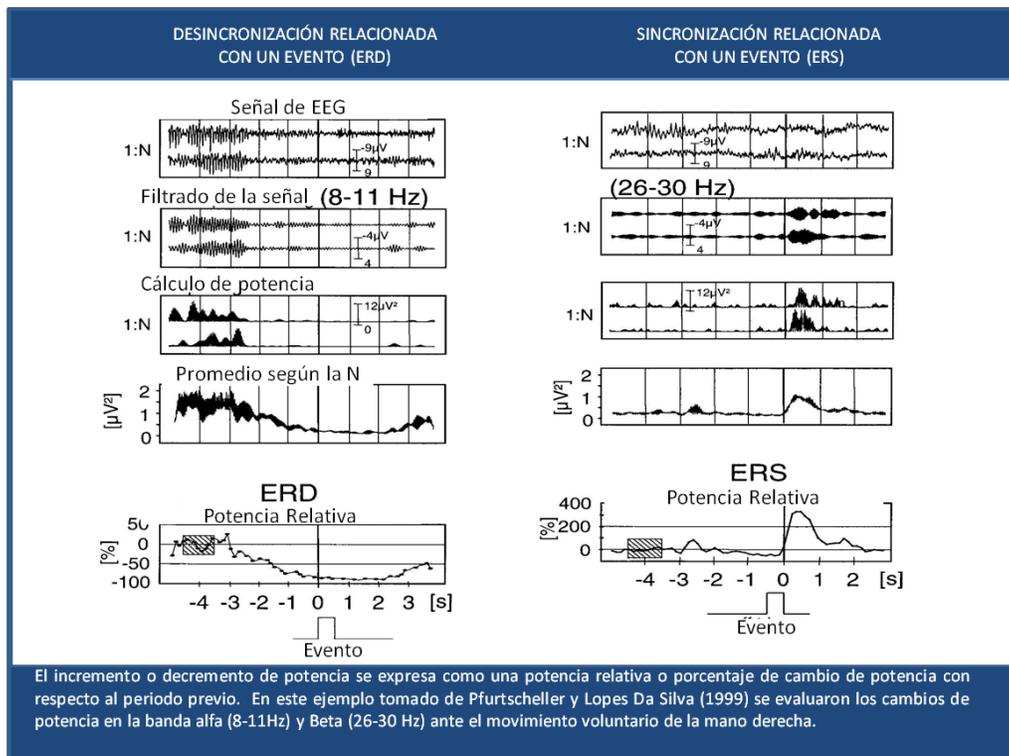


Figura 4. Cambios en la potencia asociados a un evento: ERS (Sincronización relacionada con un evento) y ERD (desincronización relacionada con un evento). Tomado de Pfurtscheller y Lopes Da Silva (1999).

---

---

2.- La fuerza y la extensión de las interconexiones entre los elementos de la red más frecuentemente formados por *loops* de retroalimentación: tálamo-corticales y cortico-corticales cortos y largos.

3.- La modulación de sistemas de neurotransmisión locales o generales.

Ellos proponen que las redes neuronales pueden desplegar distintos estados de sincronización en diferentes frecuencias y estos patrones o estados pueden estar asociados a procesos específicos.

Este método ha sido ampliamente utilizado en la literatura en los años posteriores a su desarrollo, sin embargo es importante mencionar que este método proporciona un porcentaje de cambio en la potencia promedio de la actividad oscilatoria pero no sabemos si esta diferencia es o no estadísticamente significativa.

Recientemente se ha desarrollado una metodología (Alba et *al.*, 2007; Alba et *al.*, 2008, Marroquín et *al.*, 2004) basado en el análisis espectral de la señal con el uso de filtros de cuadratura pasa-banda que maximizan la relación entre el tiempo y la frecuencia en el análisis espectral de la señal en una ventana de tiempo pequeña y que además nos proporciona información de la fase de las oscilaciones. Esta metodología emplea un análisis estadístico no paramétrico que permite observar los cambios significativos de potencia relacionada con un evento respecto al periodo previo al evento.

Esta metodología también implementa un modelo de presentación de los datos que denominan gráficas multitoscópicas que permiten visualizar los cambios en la actividad inducida y en la sincronía entre regiones del cerebro simultáneamente en el tiempo, la frecuencia y la topografía.

Esta metodología ha sido empleada en tareas de lenguaje, cálculo mental, atención (Harmony, et al 2009) y desarrollo y maduración del recién nacido. (Harmony, et al., 2008)

---

---

### 1.3.- Lectura de palabras

El lenguaje es una capacidad cognoscitiva inherente del ser humano que lo distingue y le facilita la adquisición y el intercambio de información con sus semejantes. El lenguaje escrito es quizá una de las producciones humanas más interesantes, ya que como medio de comunicación y expresión de ideas trasciende al presente porque huella para el futuro. El lenguaje escrito además de transmitir información es también un medio de expresión de ideas, sentimientos y percepciones de la realidad pero vista desde un sujeto, así el lenguaje escrito es un proceso cognoscitivo complejo altamente demandante.

El lenguaje escrito consta básicamente de dos grandes procesos: la escritura y la lectura. La lectura es definida como un tipo especial de percepción visual que identifica signos gráficos y los reconoce como signos lingüísticos (Ellis y Young, 1992), la lectura es un proceso de reconocimiento de palabras escritas y de comprensión de su significado (MacMillan Dictionary).

Cómo están relacionadas las palabras con su significado es todavía un tema de controversia, si bien se acepta que palabra y significado son elementos independientes ya que en una lengua dada es posible la existencia de varios significados para una misma palabra y a su vez una palabra puede tener varios significados dependiendo del contexto, tampoco es clara la relación entre palabra y significado porque de hecho las palabras por definición poseen un significado y este es el elemento que las distingue de las pseudopalabras que son arreglos de letras legibles pero que no poseen significado.

En el reconocimiento de palabras están involucrados procesos de identificación visual y agrupación perceptual de las letras (signos gráficos que poseen traducción

---

---

lingüística). Asimismo se requieren procesos de acceso al léxico que nos permiten determinar si un estímulo es o no una palabra y que permiten evocar su significado.

El léxico, de acuerdo con los modelos cognitivos de lenguaje, es una especie de diccionario mental en donde se almacenan los patrones posibles de agrupación de las letras para formar las sílabas y las palabras. Asimismo es en el léxico donde se almacena el significado de una palabra o bien es este la entrada para el análisis semántico de la información, dependiendo del modelo que se retome. El acceso al léxico se ve afectado por características de las palabras como: frecuencia de uso, el grado de concreción o abstracción de ella, fonología y la categoría o campo semántico al que pertenecen (Berko-Gleason y Bernstein, 1999).

### **1.3.1 Modelos de Lectura**

La vía de acceso al léxico y las características de éste son aún un tema abierto; sin embargo básicamente existen dos tipos de modelos: El primer tipo de explicación son modelos de búsqueda serial en donde se propone que cuando leemos una palabra la buscamos en una especie de lista léxica para determinar si es o no una palabra y si es así pasamos a recuperar la información relacionada con su significado. Este análisis serial de la información implica un escaneo secuencial uno a uno de cada elemento o palabra que se analiza. El modelo más representativo es el modelo de Búsqueda Autónoma de Foster.

#### **Modelo de búsqueda autónoma de Forster (1976)**

Este modelo propone la existencia de tres ficheros de entrada al léxico: ortográfico (análisis de sus rasgos visuales) fonológico y semántico-sintáctico (análisis a partir de su significado o categoría gramatical). La entrada en estos tres ficheros de

---

---

acceso es de uno en uno a la vez y hasta que se ha terminado la búsqueda en ellos se pasa al análisis de segundo nivel ya propiamente en el léxico para comprender el significado. De acuerdo con este modelo la búsqueda secuencial en cada uno de los ficheros se detiene cuando se ha localizado la entrada léxica.

El segundo tipo de modelos se denominan modelos de acceso en paralelo o de acceso directo y en ellos se propone que la palabra puede activar directamente el patrón léxico sin necesidad de decidir primero si el estímulo es o no una palabra; asimismo es posible que múltiples entradas léxicas se activen en paralelo. De esta forma se activan simultáneamente un número de candidatos potenciales para esa palabra y la que comparta más rasgos con la palabra percibida es la seleccionada. El modelo más representativo es el Modelo de Logogen (Morton, 1999).

### **Modelo de acceso en Paralelo de Logogen (Morton, 1999)**

De acuerdo con Morton, cada palabra tiene un logogen que es una especie de contador de rasgos de esa entrada léxica. La información de los rasgos de una palabra debe de alcanzar un umbral que se requiere para que esa entrada léxica sea reconocida como una palabra. Si se activan hasta el umbral varias entradas la que tenga el mayor número de rasgos es elegida. Este fenómeno es importante porque explica porque palabras relacionadas semánticamente o fonológicamente con la palabra blanco tiene mayor facilitación que otras.

Sumados a estos modelos cognitivos de acceso al léxico Ellis y Young en 1992 propusieron un modelo para el lenguaje que incluye a la lectura. Este modelo de lectura retoma las características de los modelos cognitivos seriales de acceso al léxico y hace una descripción más detallada de un primer análisis visual de bajo nivel para los estímulos que llevan letras y son potenciales a contener información. Este modelo además fue creado a partir de evidencia neuropsicológica en pacientes

---

---

con trastornos específicos en la lectura. Por ello se considera relevante incluirlo y desarrollar evidencia que permita observar sus debilidades y fortalezas.

### **Modelo de Lectura de Ellis y Young (1992)**

De acuerdo con Ellis y Young (1992) la lectura de palabras escritas es un proceso que implica tres niveles secuenciales de análisis: un sistema de análisis visual, una entrada al léxico y un sistema de análisis semántico (Ver figura 6).

El *sistema de análisis visual* tiene tres funciones: 1) Identificar las letras de las palabras escritas, 2) codificar cada letra según su posición en la palabra y 3) agrupar perceptualmente esas letras que van juntas como parte de una misma palabra. De acuerdo con este modelo el reconocimiento de la letra es la base de la percepción de una palabra (Ellis y Young, 1992). Sin embargo, en el caso del español la sílaba es considerada como una unidad léxica discreta superior a la letra y es concebida como la unidad de procesamiento en la lectura de palabras (Álvarez, Alameda y Domínguez, 1999). La sílaba es definida como una estructura de coarticulación de fonemas, ella determina cuáles de esos fonemas pueden ir juntos en la articulación y por tanto define la existencia de palabra “posibles” por la unión de sílabas “posibles”.

El siguiente sistema de análisis es el *Acceso al Léxico*, en él se encuentra el lexico o diccionario mental que contiene las secuencias o patrones de palabras familiares. Cuando se lee una palabra ésta se compara con esos patrones del léxico y eso permite distinguirla o no como una palabra. Una vez hecho esto esta información se traslada al sistema de *análisis semántico* para buscar el significado de la palabra (Ellis y Young, 1992).

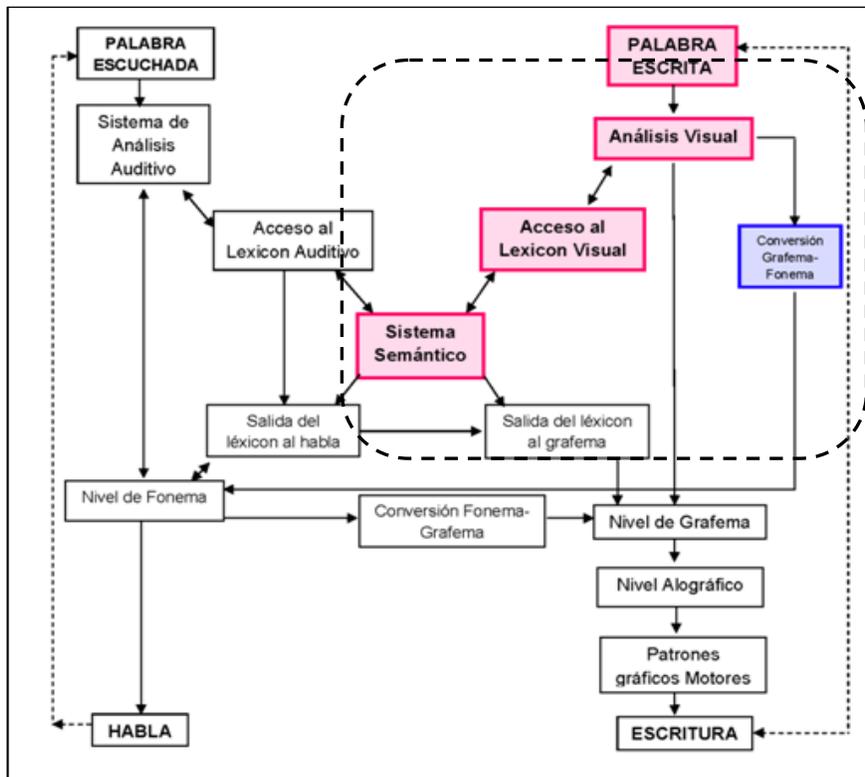


Figura 6. Modelo de Producción y reconocimiento de palabras escritas y habladas. El modelo de lectura se resalta en una línea punteada y en colores rosa para la vía de lectura de palabras frecuentes y en azul para la secundaruta empleada en la lectura de pseudopalabras (Tomado de Ellis y Young, 1992).

Normalmente el sistema de *análisis visual* identifica varias letras simultáneamente, haciendo un procesamiento en paralelo excepto cuando las palabras son inusualmente largas o como es el caso de las oraciones y de la comprensión auditiva, dónde el significado se va construyendo a lo largo del tiempo de procesamiento de la información. Por ello las diferencias en el tiempo de procesamiento entre palabras cortas y largas son despreciables. La función de la entrada al lexicon es identificar los arreglos de letras que están en palabras de alta frecuencia o familiares y decidir si son candidatas a tener un significado probablemente almacenado en el sistema semántico (Dien, 2009).

---

---

La memoria semántica es el conocimiento general almacenado sobre el significado de palabras, hechos y personas, éste recuerdo no tiene ninguna conexión a un tiempo o lugar determinado (Patterson, 2007).

De acuerdo con el modelo de Ellis y Young (1992) las palabras siguen diferentes rutas de procesamiento dependiendo si son palabras de alta frecuencia, palabras conocidas pero irregulares, pseudopalabras o nopalabras.

La primera vía se utiliza para la lectura de palabras conocidas, esta vía utiliza el modelo clásico compuesto por los tres sistemas de análisis (Ver vía sombreada en rosa de la figura 6). La segunda ruta de lectura es aquella empleada para leer sin activar representaciones semánticas utilizando el componente de conversión grafema-fonema que se encarga de traducir las secuencias de letras no usuales en secuencias de fonemas (Ellis y Young, 199) (Ver vía sombreada en azul de la figura 6) esta vía es principalmente usada para leer palabras de baja frecuencia de uso, pseudopalabras y también la usan lectores novatos, ya que a pesar que las sílabas son reconocibles y legibles, no se puede acceder al significado de la palabra ya sea porque se desconoce o porque no existe.

El término pseudopalabra se aplica a aquellos conjuntos de letras que forman sílabas existentes en el español que generalmente sólo difieren en una letra o sílaba de una palabra existente y que a pesar de que se pueden leer y pronunciar no tiene un significado asociado.

Ambos tipos de modelos tanto seriales como en paralelo consideran que este procesamiento es automático y por tanto no está sujeto a un análisis consciente del individuo. Solamente nos percatamos que el estímulo es una palabra y comprendemos su significado.

Por otra parte la fonología en el proceso de lectura es también importante porque existe una traducción de la palabra escrita a su forma fonológica que puede ser usado dependiendo de las características de la palabra. Las reglas que conviertan los grafemas (letras o grupos de letras) en sus correspondientes fonemas

---

---

se les conocen como reglas de conversión grafema-fonema (CGF) las cuales varían según el idioma (Álvarez, Alameda, y Domínguez 1999).

Se denomina transparencia o profundidad ortográfica a lo directo o lo simple que un sistema ortográfico representa su fonología. Un idioma transparente es aquél en el que dichas reglas son consistentes, directas y simples como ocurre en el español en donde el fonema suena igual independientemente de su posición en la palabra. En el caso de las lenguas llamadas opacas son aquellas en las que falta consistencia, existe complejidad o hay muchas excepciones en las reglas de conversión.

Así también el acceso al significado de las palabras requiere de un análisis funcional de la palabra en sus morfemas componentes. Para comprender el significado de una palabra, es necesario segmentar el morfema raíz que es el que le da el significado y luego anexar los prefijos y sufijos correspondientes que determinan sus características como número, género y tiempo en el caso de los verbos que si bien no cambian sustancialmente si indican en su significado.

También es importante destacar que las palabras pueden tener múltiples significados, y que durante los primeros momentos de procesamiento semántico el lector tiene disponibles todos los posibles significados y posteriormente sólo permanece disponible el significado contextualmente coherente y así se restringe el número de posibles significados (Dominguez y Estévez, 1999).

### **1.3.2. Anatomía de la lectura**

La lectura al igual que la mayoría de todos los procesos cognoscitivos complejos involucra la participación de grandes redes neuronales acopladas en el tiempo y en el espacio lo que implica la participación de diversas estructuras cerebrales.

El procesamiento del lenguaje tiene una especialización hemisférica izquierda, sin embargo el análisis de primer nivel que es viso-perceptual sobre todo en la lectura de palabras es bilateral y conforme se va haciendo más complejo, por ejemplo en el

procesamiento fonológico y semántico se va lateralizando hacia el hemisferio izquierdo (Gernsbacher y Kaschak, 2003).

La lectura de palabras involucra la participación de estructuras relacionadas con el análisis perceptual, ortográfico, fonológico y semántico. También existe un consenso apoyado por los trabajos con neuroimagen principalmente con PET y Resonancia Magnética Funcional en los que muestran que la vía utilizada para leer palabras es distinta a la usada para las pseudopalabras o lectura subléxica porque no hay un análisis semántico de la información.

Cuando leemos palabras conocidas usamos la vía ventral (léxica) en la que participan: la región occipital lateral y medial, el giro temporal inferior y medio, la porción anterior del giro temporal medio y la corteza insular. (Línea continua en figura 7a). En cambio la vía dorsal (subléxica) es usada en la lectura de pseudopalabras, palabras irregulares o de baja frecuencia y está formada por la región occipital lateral y medial, el giro supramarginal, el lóbulo parietal inferior y el área de broca (Línea punteada en figura 6a) (Borowsky et al., 2006; Xú et al., 2001, Price, 2000).

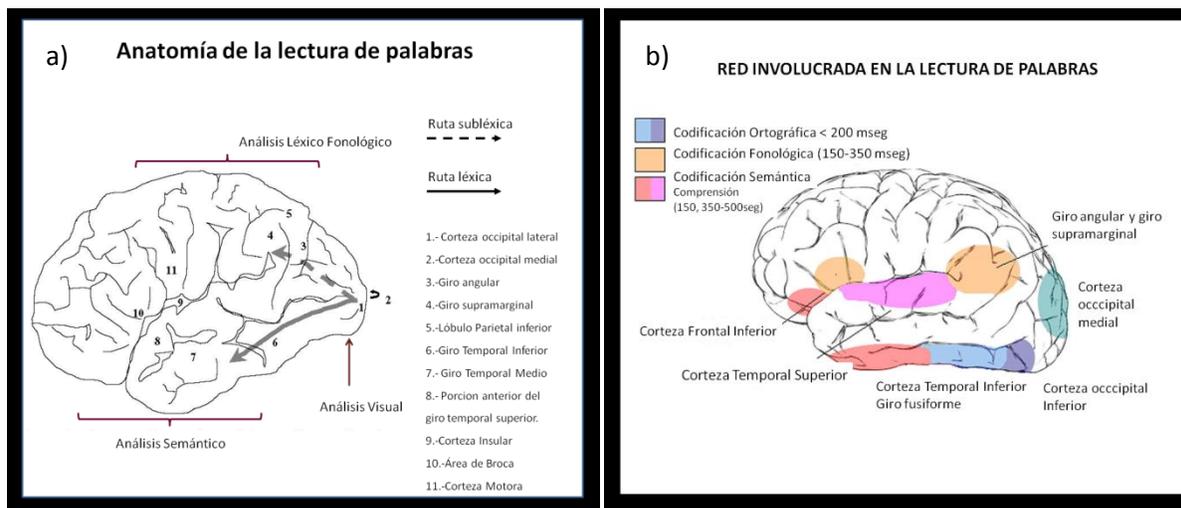


Figura 7.- Áreas involucradas en la lectura de palabras. A) Se destaca la vía léxica para el procesamiento de palabras frecuentes y la subléxica usada en palabras de baja frecuencia o pseudopalabras. (Tomado de Borowsky et al., 2006) b) Se sugiere un mapa espacial y temporal en la lectura de palabras. (Tomado de Pammer, 2009).

---

---

El análisis visual de la información principalmente involucra la participación de regiones occipitales medial y lateral y el giro fusiforme que éste último ha sido denominado como área visual de la palabra, sin embargo no es específico para ella simplemente muestra una activación diferencial ante estímulos que contienen letras de las que no. (Price, 2003).

Pammer (2009) ha propuesto un modelo espacial y temporal para la lectura de palabras con base en datos de estudios con EEG y MEG (Ver figura 7 b). En este mapa se propone que en la codificación ortográfica participan la corteza occipital, medial, inferior y el giro fusiforme y este análisis se da en los primeros 200 milisegundos. El análisis fonológico involucra la corteza temporal superior e inferior, el giro angular, giro supramarginal y la corteza frontal inferior y el tiempo de análisis se da aproximadamente entre 150 y 500 mseg (Ver figura 6b). Asimismo se ha observado que cuando el individuo realiza tareas que demandan el conocimiento del significado de las palabras, hay activación del giro frontal inferior (Hagoort, 2005) la corteza cingulada y la región frontal superior del hemisferio izquierdo (Gernsbacher y Kaschak, 2003), así como el giro fusiforme anterior (Dien. 2009).

## **2.- ANTECEDENTES**

Como ya se mencionó anteriormente la lectura de palabras es un proceso cognoscitivo complejo porque requiere procesos más elementales para desarrollarse, entre ellos se encuentra la viso-percepción, la memoria de trabajo verbal, la articulación fonológica, la memoria semántica, la atención etc. Una forma de evaluar los cambios electrofisiológicos asociados a la lectura de palabras es segmentar de acuerdo a los modelos cognitivos de lectura los posibles pasos implicados y emplear tareas diseñadas para evaluar estos niveles de análisis.

---

---

Para evaluar el acceso al léxico y el análisis semántico de las palabras se ha diseñado una tarea muy utilizada: *tarea de decisión léxica*, la cual consiste en pedirle a los sujetos que hagan un juicio sobre si el estímulo presentado es o no una palabra. Para que el sujeto responda adecuadamente es necesario que consulte su léxico (diccionario mental) (Yap, Balota, Cortese, y Watson, 2006; Wagenmakers et al., 2008) y compare el estímulo con las estructuras de palabras familiares almacenadas en este diccionario mental y pueda decidir si son palabras o no. En estas tareas se ha observado que las nopalabras son rechazadas más rápidamente que las pseudopalabras porque son suficientemente distintas de las palabras, de hecho no forman sílabas legales del español y el sujeto no necesita acceder al léxico para determinarlo (Wagenmakers et al., 2008).

En el caso de palabras, la velocidad de respuesta está relacionada la accesibilidad o activación de la representación interna. Las palabras de alta frecuencia se verifican más de prisa que las de baja frecuencia y los tiempos de reacción son menores ante estímulos que son frecuentes en comparación con aquellos que no (Yap, Balota, Cortese, y Watson, 2006).

Asimismo si las pseudopalabras son muy parecidas a la estructura de las palabras del español, entonces su discriminación es más difícil y los tiempos de reacción son mayores, entre más similar sea su estructura a la de la palabras su reconocimiento es menor. Por tanto un estímulo fácil de clasificar es aquél que ortográficamente es diferente a las palabras del español o bien es una palabra de alta frecuencia (Yap et al., 2006).

Para el estudio de las características semánticos de las palabras, además de las tareas de decisión léxica se han usado también tareas que evidencien una búsqueda semántica más explícita por ejemplo las *tareas de juicio semántico* en donde se les pide a los sujetos que emitan una respuesta que implique el conocimiento del significado de las palabras presentadas, por ejemplo preguntarle si el estímulo que está viendo es un sustantivo abstracto o concreto, si la palabra es de un animal que vive en la selva o si es un objeto usado por el hombre etc. De esta

---

---

forma el individuo necesita conocer el significado de la palabra para poder resolver la tarea exitosamente (Gernsbacher y Kaschak, 2003).

En la actividad electrofisiológica relacionada con la lectura, se han asociado los componentes tempranos de los potenciales relacionados con eventos P100 en regiones posteriores con procesamiento perceptual de los estímulos como las palabras antes de que sean analizados sintácticamente (Dien, 2009). También el componente N170 o N150 es un componente negativo que presenta mayor amplitud ante estímulos que contienen letras en comparación con símbolos o caracteres no lingüísticos (Bentin, 1999; Dien, 2009), estas diferencias se observa en regiones occipitotemporales (T5 y T6) y que probablemente incluyan al giro fusiforme (área visual de la palabra). Esto sugiere que existe un proceso de discriminación de bajo nivel que facilita la identificación de palabras en un primer escaneo visual.

Asimismo el componente N350 es de mayor amplitud en la región temporo-medial y temporo-occipital en estímulos que son legibles fonológicamente.

También existen diferencias de amplitud en el componente N450 entre palabras que tienen una fonología legal y significado en comparación con pseudopalabras o nopalabras. Esta diferencia en el componente es más evidente en regiones fronto-centrales (Bentin, 1999; Dien, 2009; Holcomb y Grainger, 2006).

Asimismo en tareas de decisión léxica, cuando se compara la actividad generada por palabras que denotan características visuales como colores, formas, tamaños, etc., se observa un incremento en la actividad theta en los primeros 600 mseg y una disminución de la actividad alfa principalmente en regiones occipitotemporales (Bastiaansen et al., 2008). Este mismo incremento en actividad theta se ha observado en tareas de decisión léxica donde se compara palabras que se denominan de clase abierta que incluyen a los verbos, adjetivos y sustantivos versus las de clase cerrada (artículos y preposiciones) (Bastiaansen et al., 2005).

También un mayor incremento en actividad theta se ha presentado en tareas puramente semánticas donde el sujeto tiene que traducir palabras de un idioma a

---

---

otro (Alemán a francés o inglés) o decidir si un par de palabras son semánticamente congruentes porque pertenecen a un campo semántico similar o bien una está estrechamente relacionada en su significado con la otra (ejemplo: ave-ala) (Klimesch, 1997; 1999).

También en estas tareas de congruencia semántica hay una disminución de la actividad alfa (8-12 Hz). En especial de 10-12 Hz se observa que la disminución de alfa entre 500-1000 msec está relacionada con el buen desempeño de este tipo de tareas lo que lleva a Klimesch (1997) a sugerir que la disminución en la actividad alfa superior podría ser un correlato funcional del sistema semántico de memoria. Y que la disminución en la actividad alfa inferior (8-10Hz) que se manifiesta de forma generalizada sería un correlato de la atención requerida para inhibir las entradas sensoriales y enfocarse en la evocación del significado de la palabra.

Asimismo la actividad en estas bandas de frecuencia corresponde con la actividad derivada del análisis espectral de frecuencias del componente N400 de los potenciales relacionados con eventos formado principalmente por actividad theta, delta y alfa (Bastiaansen et al., 2008).

### **3.- JUSTIFICACIÓN**

La lectura de palabras es un proceso complejo que de acuerdo con los modelos cognitivos de lectura implica al menos tres niveles de análisis: el visual-ortográfico, fonológico y un análisis léxico-semántico de la información. De esta forma resulta relevante estudiar la lectura de palabras desde una perspectiva electrofisiológica e integradora que considere estos niveles de análisis de la información por medio de tareas desarrolladas para evaluar aspectos semánticos, léxicos y fonológicos en las palabras.

Esto permitirá aportar evidencia electrofisiológica a los modelos cognitivos de lectura en particular el modelo serial de Ellis y Young (1992), que considera un

---

---

análisis visual previo al acceso al léxico y que considera a la búsqueda semántica como un elemento independiente del léxico. Los datos neurofisiológicos pretenden dar cuenta de un procesamiento diferencial de la información en cada estadio o subproceso de la lectura. Si bien es cierto que existen varios trabajos que revisan los cambios en la potencia asociados con tareas de decisión léxica o de búsqueda semántica, estos procesos no se unifican como parte de un proceso mayor como es la lectura y por tanto no tienen la intención de enfatizar las diferencias electrofisiológicas asociadas a cada uno de ellos.

Por otra parte se considera que estudiar la dinámica neuronal desde el punto de vista de las oscilaciones y los cambios en los parámetros de las redes neuronales añade al conocimiento sobre la lectura, porque no sólo se observa qué regiones o cuándo participan en cierto tipo de procesamiento, sino cómo cambian su comportamiento para integrarse a una red y participar en un procesamiento o bien para terminar su participación en él.

El presente trabajo plantea evaluar los microprocesos presentes en la lectura de palabras a partir de tres tareas: discriminación visual, decisión léxica y juicio semántico; y una tarea control, éstas tareas de acuerdo a la literatura permiten observar el procesamiento de las palabras que podría estar relacionado con cada uno de los niveles de análisis propuestos por los modelos de lectura revisados. Los estímulos empleados son los mismos en las cuatro tareas y solamente se varía el tipo de procesamiento por medio de las instrucciones específicas de cada tarea.

Asimismo se plantea realizar un análisis de la potencia inducida que considera la actividad oscilatoria acoplada en el tiempo al estímulo aunque no necesariamente lo esté en fase, por lo que proporciona un ventana más integradora de los procesos neurofisiológicos subyacentes al procesamiento de información de cada tarea.

De la misma forma este trabajo emplea la metodología desarrollada por Marroquín et al., (2004) para presentar en gráficas multitoscópicas los cambios de potencia significativos respecto a la línea base en el tiempo, la frecuencia y la topografía simultáneamente lo cual facilita la observación de la dinámica de microestados

---

---

electrofisiológicos que cambian rápidamente y que podrían asociarse para formar un proceso más complejo.

De esta manera se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué cambios existirán en el patrón electroencefalográfico en el espacio de tiempo, frecuencia y topografía en cada una de los sistemas de procesamiento de la lectura (análisis visual, análisis léxico-fonológico y análisis semántico)?

### **Hipótesis**

- En la tarea de Discriminación de símbolos los tiempos de reacción y la potencia inducida será mayor en los símbolos que en las palabras de objetos y animales, pseudopalabras y arreglos de letras.
- En la tarea de decisión léxica el tiempo de reacción y la potencia inducida será mayor en las palabras de objetos y animales que en los símbolos, arreglos de letras y pseudopalabras.
- En la tarea de juicio semántico el tiempo de reacción y la potencia inducida será mayor en las palabras de animales que en las palabras de objetos, pseudopalabras arreglos de letras y símbolos.
- En la tarea control no habrán diferencias en el tiempo de reacción ni en la potencia inducida entre las palabras de objetos, animales, pseudopalabras, arreglos de letras y símbolos.

---

---

## Objetivo:

Caracterizar los cambios de la señal electroencefalográfica en los dominios del tiempo, la frecuencia y la topografía de la potencia inducida en cada uno de los niveles de procesamiento durante la lectura: análisis visual, análisis léxico-fonológico y análisis semántico.

## MÉTODO

### Sujetos

Participaron 24 sujetos con una edad promedio de  $27.62 \pm 2.73$  años, con una escolaridad promedio de  $18.21 \pm 2.96$ . Todos fueron diestros, sin enfermedades neurológicas o psiquiátricas, sin adicción al alcohol y sin consumo de drogas en al menos 6 meses de la prueba, con visión normal o corregida a lo normal y un puntaje de Coeficiente Intelectual dentro de los rangos normales. Se excluyeron aquellos participantes que no cumplieran con algún requisito de inclusión o que tuvieran alguno de exclusión o bien aquellos que no terminaron las sesiones experimentales o la señal tuviera mucho ruido.

Tabla 1. Media y desviación estándar de la edad, el nivel de escolaridad medida en años de estudio y de los puntajes obtenidos la Escala de Inteligencia de Weschler.

EDAD (Años)	ESCOLARIDAD (Años)	WAIS (Puntaje normalizado)
$27.4 \pm 2.46$	$18.4 \pm 2.8$	$116 \pm 4.87$

---

---

## **Instrumentos**

Para evaluar el coeficiente intelectual se utilizó la *Escala de Inteligencia Weschler para adultos en Español*. (Weschler, 1981).

La Escala de Inteligencia Weschler es un instrumento que evalúa el componente verbal y ejecutivo de la Inteligencia a través de once subescalas: Información, Comprensión, Aritmética, Semejanzas, Retención de dígitos, Vocabulario, Claves, Figuras incompletas, Diseño con cubos, Ordenación de dibujos y Composición de objetos. Se aplica a mayores de 18 años, tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.96 para la escala verbal y 0.93 para la escala ejecutiva. Los puntajes nos proporcionan un índice general de Inteligencia en el área verbal, ejecutivo y un puntaje global.

### *Inventario de síntomas SCL-90*

Este instrumento es un inventario de aplicación rápida que evalúa patrones de síntomas psiquiátricos en nueve dimensiones primarias: Somatización (SOM), 2) obsesiones y compulsiones ( OBS), sensibilidad interpersonal ( SI), depresión ( DEP), ansiedad (ANS), hostilidad (HOS), ansiedad fóbica ( FOB), ideación paranoide ( PAR), psicosis ( PSIC) y tres índices globales de malestar psicológico: 1) Índice global de severidad ( IGS), 2) Índice positivo de Malestar ( PSDI) y 3) Total de síntomas positivos ( TP). Está formado por 90 reactivos con cinco opciones de respuesta en una escala de cinco puntos (0-4) donde 0 era ausencia de síntomas y 4 presencia siempre de los síntomas.

---

---

## Aparatos

Se utilizó una computadora personal con un monitor de 17' en el que se proyectó el paradigma de estimulación visual; también se usó un teclado y un ratón que fue usado para que el sujeto indicara su respuesta. Los estímulos fueron diseñados y enviados en el software MindTracer para Windows 98, y estuvo sincronizado con el sistema de adquisición de datos electrofisiológicas MEDICID 3E.

## Escenario

La entrevista se llevó a cabo en un cubículo silencioso bien iluminado y ventilado. Las sesiones experimentales se realizaron en una cámara sonoamortiguada e iluminada tenuemente. Ambos espacios pertenecientes al Laboratorio de Psicofisiología del Instituto de Neurobiología de la UNAM.

## Estímulos

Se emplearon 600 estímulos en color blanco proyectados en el centro de la pantalla del monitor en un fondo negro. Las letras fueron tipo Arial. Los estímulos fueron de cinco tipos: símbolos, arreglos de letras, pseudopalabras y palabras de animales y palabras de sustantivos concretos (Ver tabla 2).

Tabla 2. Estímulos utilizados en cada una de las tareas, distribución según su categoría.

Tipo	Símbolos	Arreglo de letras	Pseudopalabras	Palabras	
				Objetos	Animales
Cantidad	120	120	120	120	120
Ejemplo	+-%&	FKHNSD	TORMIL	PELOTA	PUMA

---

---

Los estímulos fueron creados con base en el número de sílabas de las palabras de animales. Las palabras de objetos fueron sustantivos concretos. Con base en estos estímulos se crearon las pseudopalabras que conservaron una distribución similar del número de sílabas de los animales y las palabras. Los arreglos de letras y símbolos fueron igualados por número de elementos o letras dado que estos no forman sílabas.

### Paradigma de estimulación

Se diseñó un paradigma de estimulación utilizado en las cuatro tareas. Primero se presentó un asterisco de color blanco como punto de fijación y se indicó al sujeto que el estímulo estaba próximo a aparecer, el asterisco duró 200 ms y estuvo en el centro de la pantalla. Después siguió un periodo de 1500 ms con la pantalla en negro y que se denominó periodo pre-estímulo, después se presentó el estímulo por 200 ms y finalmente se agregó 1500 ms más con la pantalla en negro para que el sujeto completara su respuesta motora (ver figura 8). Esta secuencia se repitió 600 veces para cada uno de los estímulos de distintas categorías. Los estímulos fueron presentados en orden aleatorio en cada una de las cuatro tareas.

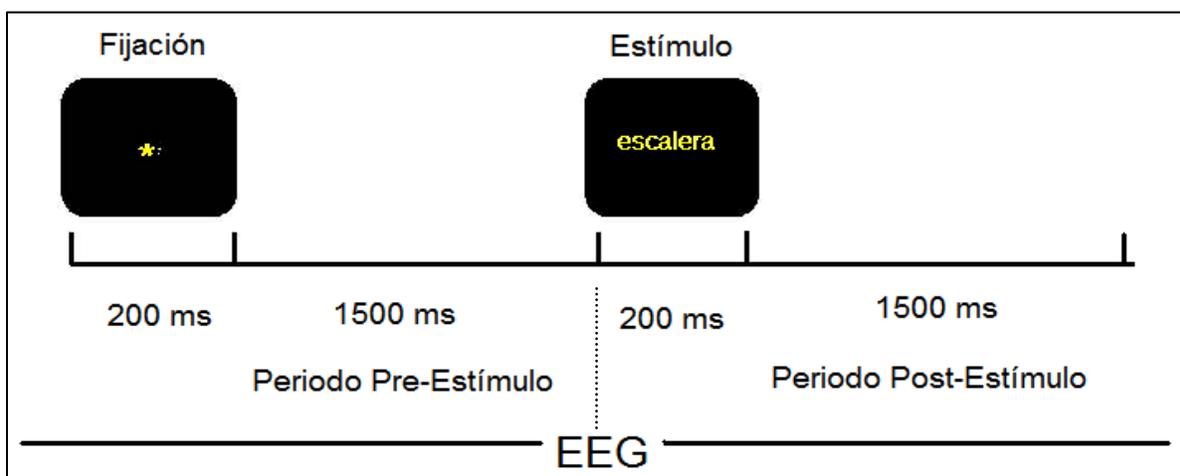


Figura 8.- Orden temporal de presentación de cada uno de los 600 estímulos en las cuatro tareas.

---

---

Esta secuencia fue utilizada para las cuatro tareas usando los 600 estímulos en cada una de ellas y lo único que varió entre tareas fueron las instrucciones. Cada tarea duró aproximadamente 34 minutos.

## **Tareas**

Las tareas fueron diseñadas con el objetivo de evaluar cada uno de los componentes en los modelos de lectura (ver figura 9).

**1.- Tarea de discriminación de símbolos.** En esta tarea se presentaron los 600 estímulos de palabras de animales, objetos, psuedopalabras, arreglos de letras y símbolos siguiendo el paradigma de estimulación. La tarea del sujeto consistió en discriminar los símbolos de los demás estímulos, él sujeto se le indicó que presionará el botón izquierdo cuando viera símbolos y el botón derecho cuando observará cualquier otro tipo de estímulo lo más rápido que pudiera. El orden de los botones del ratón fue contrario para la mitad de los participantes.

En objetivo de esta tarea fue evaluar el componente de análisis visual en dónde de acuerdo con Ellis y Young (1992) los estímulos percibidos son distinguidos visualmente por los elementos que los forman en nuestro caso las letras porque son estímulos potenciales para contener información verbal.

**2.- Tarea de Decisión Léxica:** En esta tarea se presentaron los 600 estímulos de palabras de animales, objetos, psuedopalabras, arreglos de letras y símbolos siguiendo el paradigma de estimulación. La tarea del sujeto consistió en discriminar los estímulos que fueran palabras (animales y objetos) de los demás estímulos. Para ello se le pidió al participante presionara el botón izquierdo cuando se presentaran las palabras y el botón derecho del ratón para los demás tipos de estímulos siempre lo más rápido que pudiera. Esta tarea tenía la finalidad de evaluar el componente de análisis léxico-fonológico.

---

---

**3.- Tarea de Juicio Semántico.** En esta tarea se presentaron los 600 estímulos de palabras de animales, objetos, psuedopalabras, arreglos de letras y símbolos según el paradigma de estimulación y se le pidió al participante que discriminara las palabras de animales del resto de los estímulos. La instrucción fue presionar el botón izquierdo lo más rápido posible a las palabras que fueran animales y el botón derecho para los demás estímulos. Esta tarea fue implementada con el objetivo de evaluar el componente del análisis semántico ya que para responder de forma correcta es necesario conocer el significado de la palabra.

**4.- Tarea control.** Se presentaron los 600 estímulos de palabras de animales, objetos, psuedopalabras, arreglos de letras y símbolos siguiendo el paradigma de estimulación. La tarea del sujeto consistió en responder lo más rápido posible a todos los estímulos sin importar su tipo inmediatamente que fueran percibidos. La respuesta fue motora y consistió en apretar un botón del ratón de la computadora para todos los estímulos.

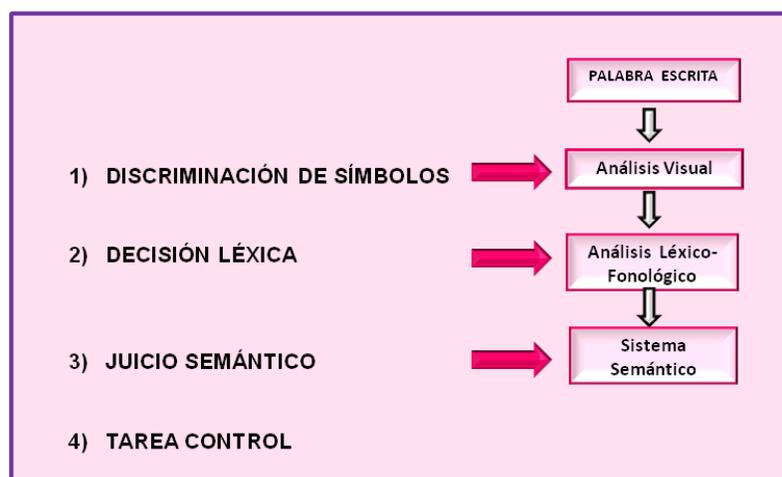


Figura 9. Se muestra las tareas que se emplearon y el nivel de análisis que se pretendió evaluar con cada una de ellas.

---

---

El orden de presentación de las tareas también fue distinto para cada participante con el objetivo de minimizar el efecto de secuencia. Fueron cuatro tareas y el número de posibles permutaciones de 4 es 24 por lo tanto 24 ordenes distintos uno para cada uno de los 24 participantes. De la misma forma el orden de los botones para responder y la mano con la que se dio la respuesta motora se contrabalancearon para todos los participantes. Esto con el objetivo de disminuir el sesgo en la actividad motora relacionada con la respuesta de la mano dominante.

### **Procedimiento**

Se realizaron tres sesiones de trabajo de aproximadamente dos horas cada una de ellas con cada participante. En la primera sesión se realizó una entrevista en donde se recabaron datos generales del participante, se aplicó la Escala de Inteligencia Weschler y el Inventario de 90 síntomas SCL. Si los sujetos reunían todos los criterios de inclusión y ninguno de exclusión, se les citó para la segunda y tercera sesión y se les dio las instrucciones para las sesiones posteriores.

En la segunda y tercera sesión se realizó el registro de la actividad Eléctrica cerebral por medio de la técnica de electroencefalografía (EEG). Se colocó una gorra con 19 electrodos de Ag/Cl distribuidos de acuerdo al Sistema Internacional 10/20 (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz y Pz). Todos los electrodos estuvieron referidos a los electrodos cortocircuitados que se colocaron en los lóbulos de la orejas. El ancho de banda de los amplificadores fue de 0.5 a 50Hz.

Los participantes realizaron en total cuatro tareas, dos en la segunda sesión y dos en la tercera sesión. Cada tarea fue precedida por una fase de práctica para corroborar que los participantes entendían las instrucciones y realizaban las tareas correctamente.

---

---

## ***Análisis de Datos***

### **Datos Conductuales**

Se obtuvo el promedio del porcentaje de las respuestas correctas (%) y la mediana del tiempo de reacción (mseg) de cada tipo de estímulo: palabras (animales y objetos), pseudopalabras, arreglo de letras y símbolos en cada una de las cuatro tareas. Para determinar si existían diferencias en el tiempo de reacción según el tipo de estímulo en cada tarea, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico para muestras relacionadas de Friedman (Siegel, 1995) cuando éste fue significativo se realizó el análisis *post hoc* para observar entre que pares se encontraban las diferencias. Se consideró un valor de  $p < .05$  para ser significativo.

### **Datos Electrofisiológicos.**

Para el análisis de la señal electroencefalográfica, se crearon segmentos de 2000ms, 1000 milisegundos previos al estímulo y 1000 mseg posteriores a él para cada uno de los 19 electrodos en cada tipo de estímulo en las cuatro tareas. Se eliminaron los segmentos con artefacto ocular o de movimiento y solamente se consideraron los segmentos de respuestas correctas.

El cálculo de la potencia inducida en la señal de EEG se realizó siguiendo estos pasos (Ver figura 10).

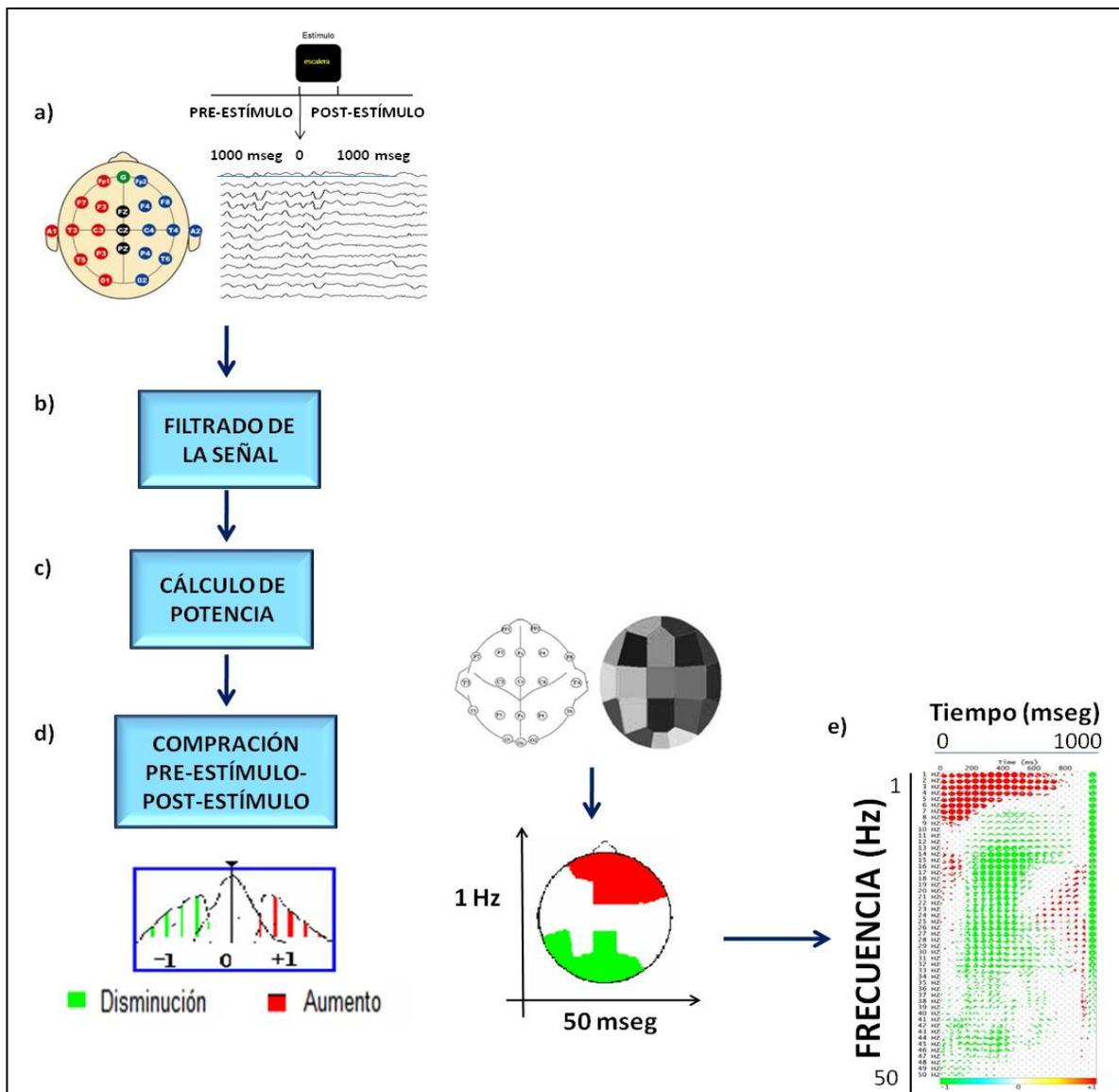


Figura 10. Se presenta el esquema del análisis de datos electrofisiológicos seguido. A) La colección de los datos de EEG. B) Filtrado de la señal con filtro de cuadratura pasa banda. C) Cálculo de la potencia. D) Se compara la actividad post-estímulo con respecto a la línea base (pre-estímulo) y se generan gráficas con la actividad promedio cada 50msegundos en cada Hertz de frecuencia. La topografía se empalma en un esquema de la cabecita según la posición de los electrodos. E) Se generan las gráficas multitoscópicas con los cambios de potencia en todo el rango de frecuencias seleccionad (1-50Hz).

- 
- 
1. Se filtró la señal con un banco de filtros de cuadratura pasa-banda para descomponer la señal de EEG en el dominio del tiempo-frecuencia.
  2. Se generó un espectro para el periodo pre-estímulo y uno para el post-estímulo (restándole la actividad promedio del pre=estímulo).
  3. Se estimó la distribución de probabilidad de las transformadas. Las condiciones fueron: -1 (activación significativamente menor que la del pre-estímulo,  $p < .05$ ); 0 (Sin diferencias significativas con respecto al pre-estímulo) y +1 (activación significativamente mayor que el pre-estímulo,  $p < .05$ ).
  4. Clasificación de los datos del periodo post-estímulo y generación de las gráficas de Tiempo-Frecuencia-Topografía (TFT). (Marroquín et al., 2004, Alba et al., 2008, Alba et al., 2009).

Las gráficas TFT muestran las diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la potencia inducida entre el periodo pre-estímulo (1000ms) y el post-estímulo en las frecuencias 1 a 50 Hz. El cálculo se realizó cada 0.5 mseg y se presentaron promedios cada 50 milisegundos (mseg) en cada tarea y cada tipo de estímulo.

Después se realizaron comparaciones en el incremento de potencia entre los distintos tipos de estímulos y entre tareas y en el decremento de potencia entre tipo de estímulo y tarea. Con el objetivo de observar si el incremento o decremento de potencia era diferente entre condiciones y entre tareas. La prueba estadística utilizada fue la prueba de permutaciones y los datos mostrados en colores corresponden a las diferencias significativas con un valor  $p < 0.05$ .

---

---

## RESULTADOS

Las cuatro tareas fueron realizadas con un porcentaje de respuestas correctas mayor al 90% en las cuatro tareas.

El tiempo que tardaron en los participantes en dar su respuesta fue distinto dependiendo de la tarea: fue menor para la tarea control en comparación con la tarea de discriminación de símbolos, la tarea de decisión léxica y la tarea de juicio semántico; Estos datos serán presentados con los datos electrofisiológicos por tipo de estímulo en cada una de las tareas que a continuación se presentarán.

Primero se presentarán los cambios de potencia respecto al periodo de línea base (periodo pre-estímulo) ante la presentación de cada uno de los tipos de estímulos. Estos cambios son presentados en las gráficas multitoscópicas que visualizan el Tiempo de 0 a 1000 milisegundos, la frecuencia de 1 a 50 Hz y topografía simultáneamente. Después se presentan las comparaciones por pares en el cambio de potencia según el tipo de estímulo presentado.

Asimismo se presenta una gráfica con la mediana del tiempo de reacción para cada estímulo en esa tarea. También se presenta una gráfica comparando los cambios de potencia entre dos tipos de estímulo con la topografía más detallada por cada electrodo.

Finalmente se presenta una gráfica dónde se compara el cambio de potencia generado por la tarea control versus la tarea de interés.

## Tarea Discriminación de Símbolos.

En esta tarea que consistió en discriminar los símbolos de los demás estímulos formados por letras, se observó un incremento de la potencia respecto al periodo pre-estímulo en 1 a 8 Hz (theta y delta) de 0 a 900 milisegundos para todos los tipos de estímulos (Ver figura 11).

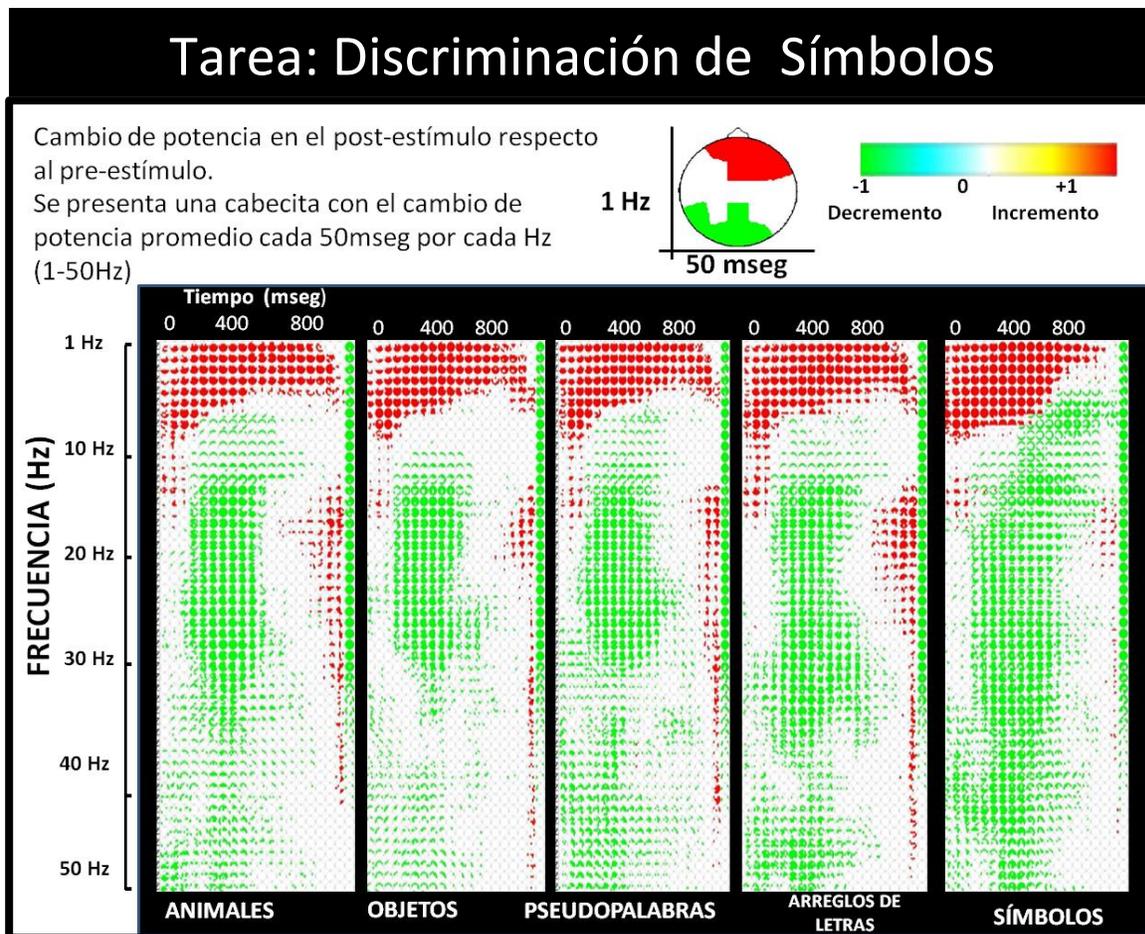


Figura 11. Se presenta en la gráfica los cambios significativos ( $p < .05$ ) de potencia inducida respecto al periodo pre-estímulo en una cabecita promedio cada 50 msec de 0 a 1000 msec por cada Hertz de 1-50 Hz. El color rojo indica incremento y el verde disminución de potencia.

En las frecuencias rápidas: beta (12-40 Hz) se observó un decremento de potencia entre 100 y 500 mseg para todos los estímulos, y se prolongó hasta los 750 mseg para los símbolos. En gamma (< 40 Hz) también se observó un decremento en la potencia en todos los tipos de estímulos (Ver figura 11).

Además de observar los cambios de potencia generados por la presentación del estímulo también se analizó con una prueba de permutaciones si este cambio es diferente según el tipo de estímulo presentado. En esta tarea se observó que los símbolos tenían un incremento mayor de potencia que los demás tipos de estímulos. Esta diferencia fue más evidente en 200-500 mseg entre 1-8 Hz (Ver figura 12a)

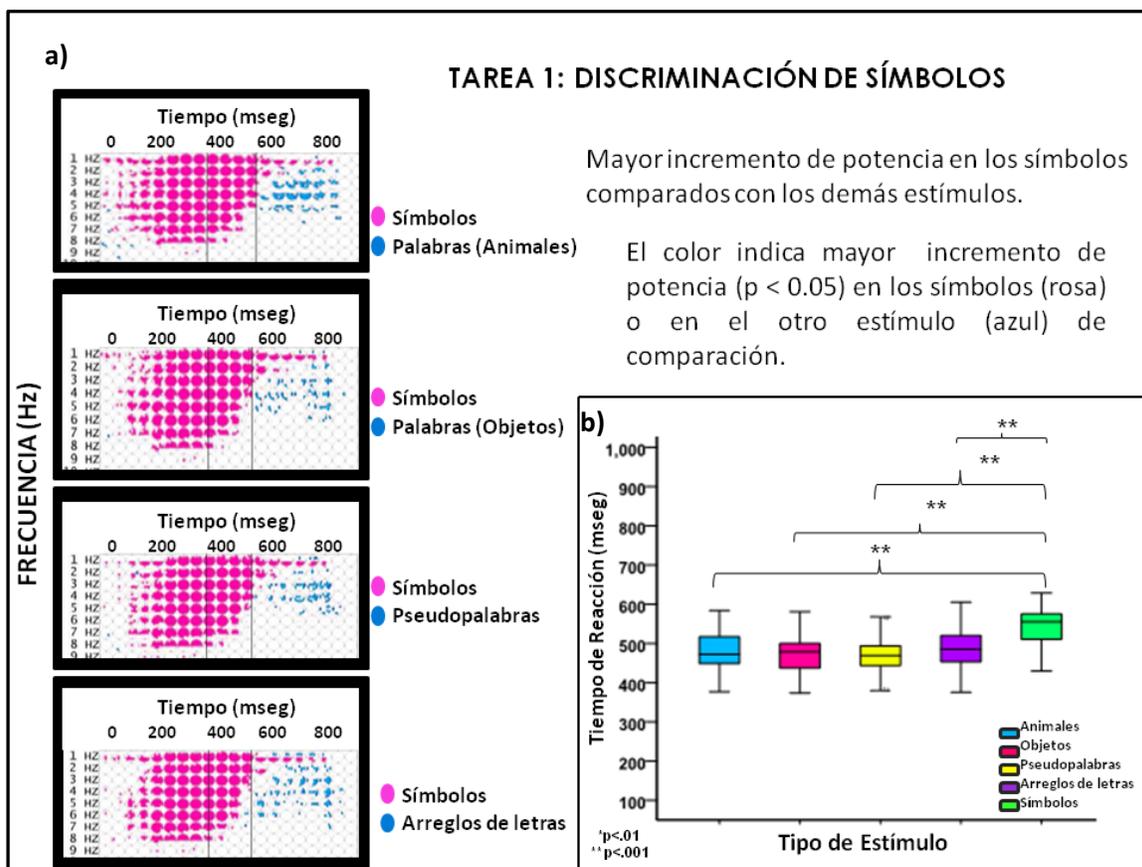


Figura 12. A) Se presentan las diferencias en el incremento de potencia para los símbolos en comparación con los demás estímulos durante la tarea de discriminación de símbolos. El color rosa indica mayor incremento para símbolos y el color azul mayor incremento para los demás tipos de estímulos. Se gráfica una cabecita promedio cada 50mseg de 1 -9 Hz. B) Se grafica la mediana del tiempo de reacción (mseg) para cada tipo de estímulo en esta tarea.

---

---

Asimismo se observó que el tiempo de reacción para responder a los símbolos (MED=555 mseg) fue mayor ( $\chi^2 = 47.625$ , 4,  $p < 0.01$ ) en comparación con las palabras de animales ((MED= 472.8 mseg), objetos (MED=478.65 mseg), pseudopalabras (MED= 478 mseg) y arreglos de letras (MED= 478 mseg). El análisis usado fue el Análisis Varianza de Friedman y las comparaciones post-hoc para cada par (Siegel, 1995).

El mayor incremento de potencia en los símbolos en comparación con los animales tiene una topografía generalizada en todos los electrodos (Ver figura 13).

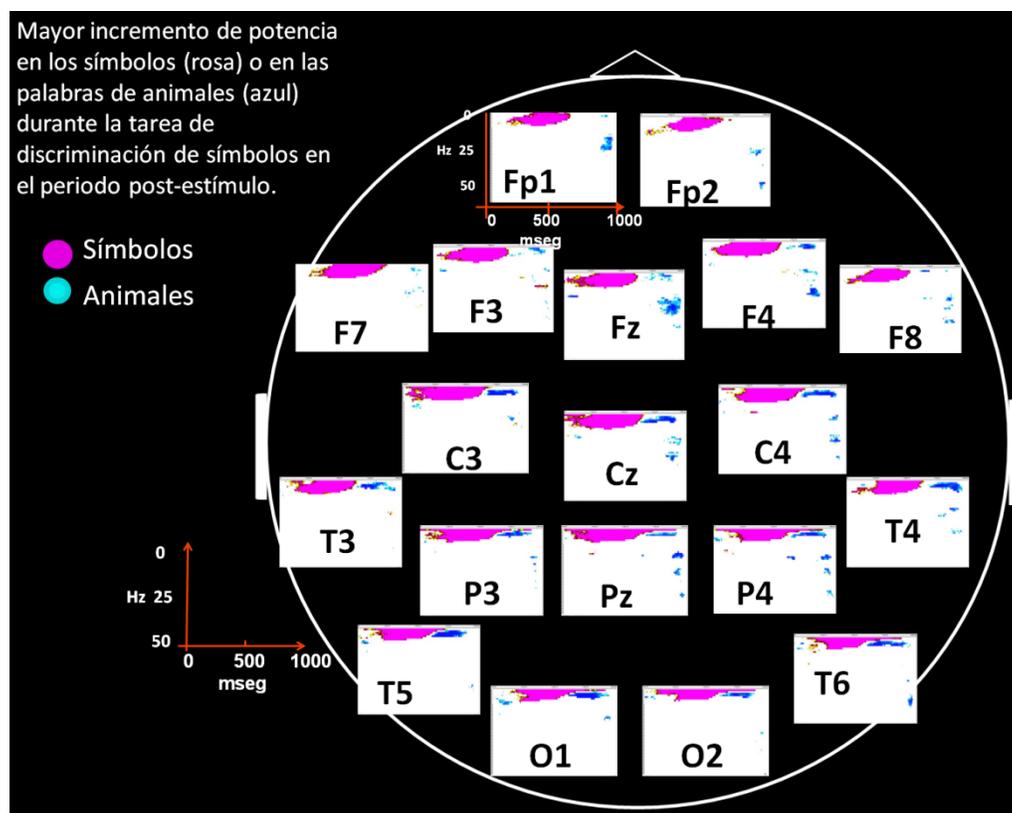


Figura 13. Se muestran las diferencias significativas en el incremento de potencia ( $p < .05$ ) para las palabras de animales (azul) y los símbolos (rosa) en la Tarea de Discriminación de símbolos en cada uno de los 19 electrodos durante la tarea de discriminación de símbolos.

También se observó que el cambio de potencia entre la tarea de discriminación de símbolos y la tarea control fue de mayor latencia (200-600mseg) en la tarea de

---

---

discriminación de símbolos que en la tarea control para los estímulos que fueron símbolos. (Ver figura 14).

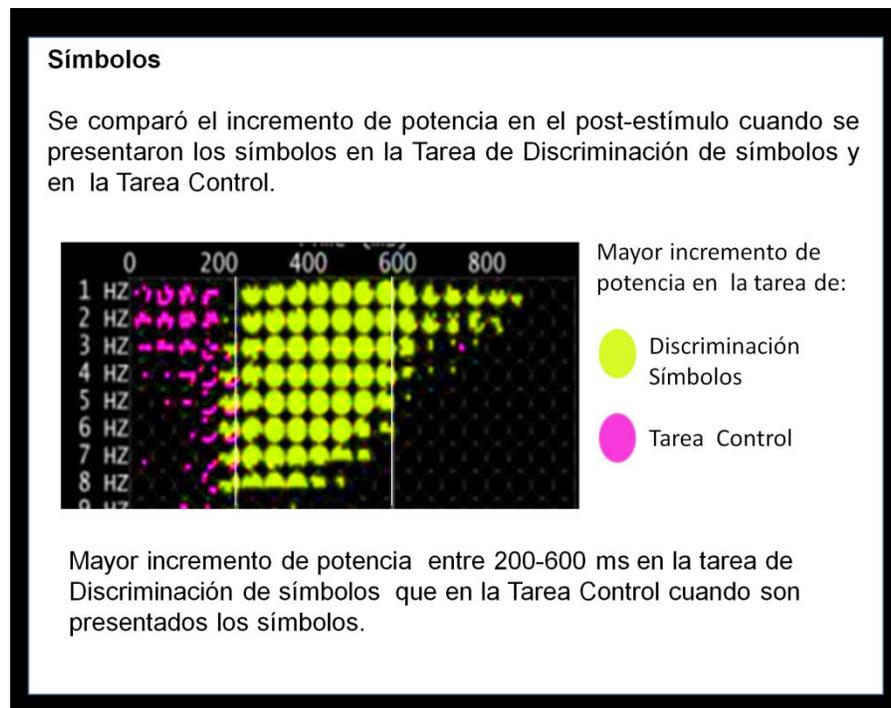


Figura 14. Se compara el incremento de potencia ante los mismos tipos de estímulos (símbolos) en la tarea de discriminación de símbolos y la tarea control.

### Tarea 3: Decisión Léxica

En la tarea de decisión léxica se debía discriminar las palabras (animales y objetos) de los demás estímulos: pseudopalabras, arreglos de letras y símbolos, en ella se observó un incremento de la potencia con respecto al pre-estímulo de 0-900 mseg en todos los tipos de estímulos de 1-8 Hz (Ver figura 15). También se observó un patrón de decremento de la potencia de 200-800 mseg en la frecuencias de alfa (8-12 Hz), beta (13-40 Hz) y gamma (<40 Hz) (Ver figura 15) que fue muy similar en todos los tipos de estímulos.

## Tarea de Decisión Léxica

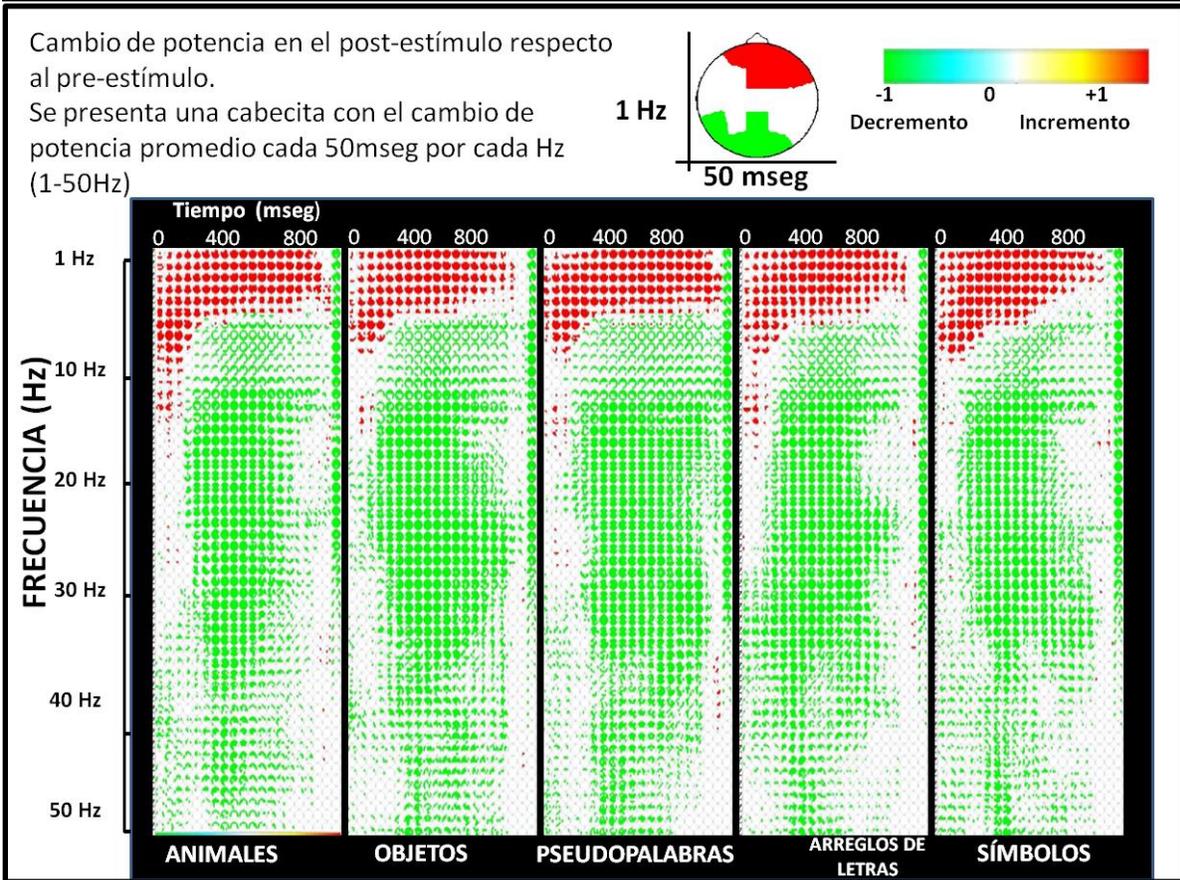


Figura 15. Se presentan los cambios significativos ( $p < .05$ ) de potencia inducida respecto al periodo pre-estímulo. En rojo se presenta el incremento y en verde la disminución durante la tarea de decisión Léxica.

En las comparaciones por tipo de estímulo se observaron diferencias en el incremento de potencia en los electrodos centrales y parietales entre las palabras de animales y de objetos (ver figura 17). Asimismo se observó mayor incremento de potencia en las palabras sin importar su campo semántico entre 250-600 mseg en comparación con las pseudopalabras (Ver figura 16a). En el caso de los arreglos de letras y símbolos este incremento fue de menor latencia (Ver figura 16a). No se observó ninguna diferencia en el patrón de decremento de potencia según el tipo de estímulo en esta tarea.

El tiempo de reacción no se observaron diferencias entre las palabras de animales (MED=636.13) y objetos (MED= 653.28 msec), pero ambos fueron mayores que en los arreglos de letras (MED= 578.98 msec)  $p < 0.05$  y en los símbolos (MED= 532.18 msec) ( $p < 0.001$ ). Las pseudopalabras (MED=848.25 msec,  $p < .001$ ) requirieron mayor tiempo de respuesta en comparación con los demás estímulos. (Ver figura 16b).

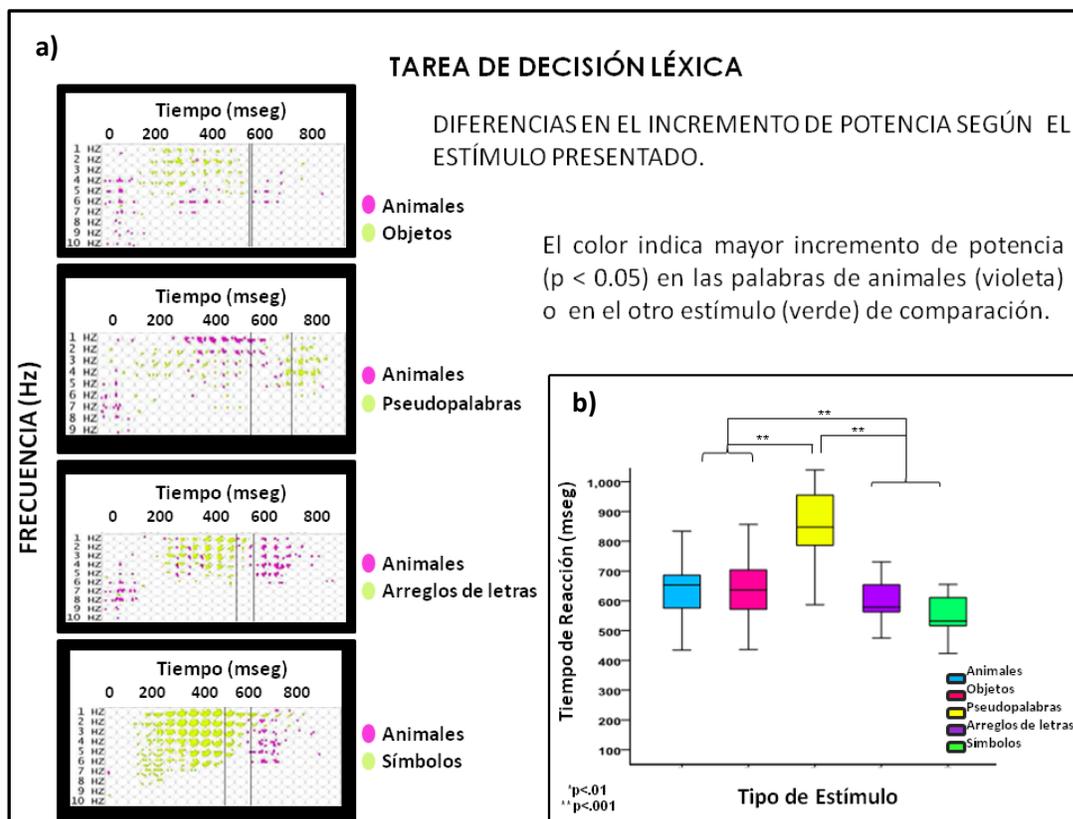


Figura 16. a) Se presentan las diferencias en el incremento de potencia para las palabras de animales en comparación con los demás estímulos durante la tarea de discriminación de símbolos. El color rosa indica mayor incremento para las palabras de animales y el color verde mayor incremento para los demás tipos de estímulos. Se gráfica una cabecita promedio cada 50mseg de 1 -9 Hz. B) Se presenta la mediana del tiempo de reacción (mseg) para cada tipo de estímulo y sus diferencias con los demás estímulos, se uso el análisis de varianza no paramétrico para muestras relacionadas de Friedman.

Incremento de potencia en las palabras de objetos (verde) o en las palabras de animales (rosa) durante la tarea de Decisión Léxica en el periodo post-estímulo.

- Objetos
- Animales

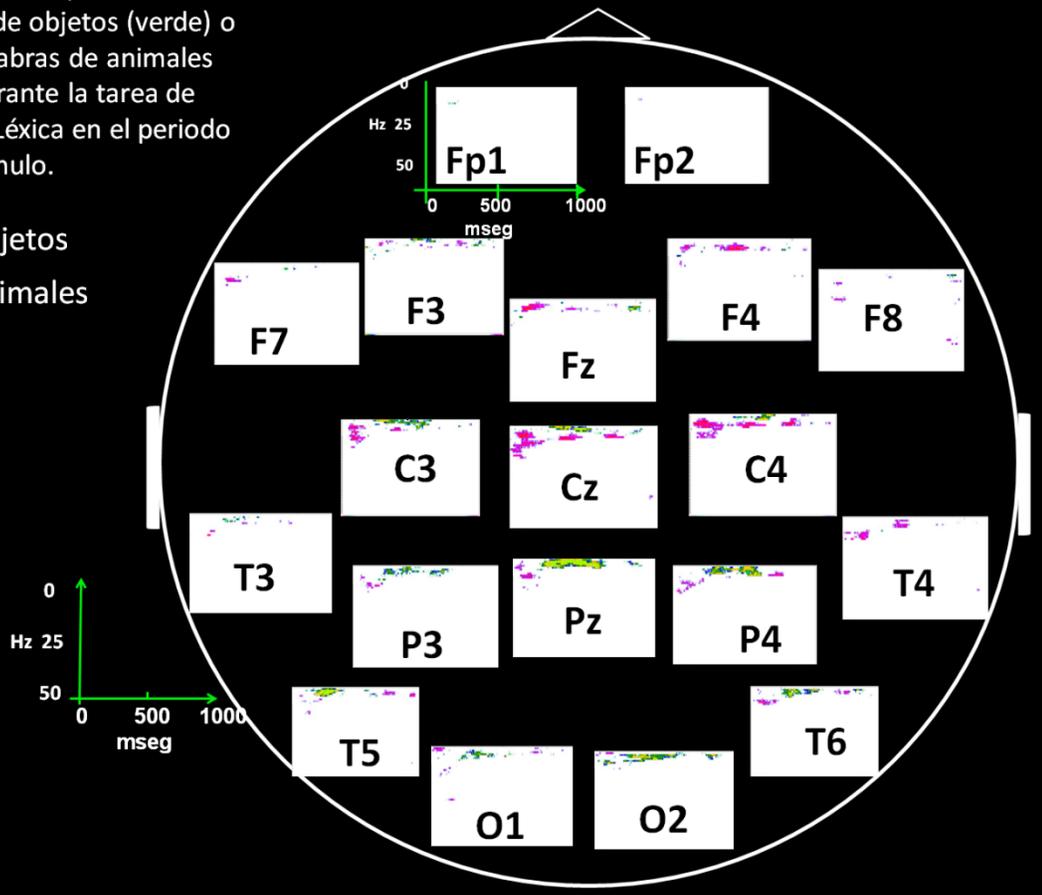


Figura 17. Se muestran las diferencias significativas en el incremento de potencia ( $p < .05$ ) para las palabras de animales (rosa) y las palabras de objetos (verde olivo) en la Tarea de Decisión Léxica en cada uno de los 19 electrodos.

También se comparó la actividad asociada con las palabras (objetos y animales) en la tarea de decisión léxica y en la tarea control, la latencia del incremento de la actividad fue mayor en la tarea de decisión léxica que en la tarea control para los mismos estímulos: las palabras; por otra parte también fue de mayor latencia el incremento de potencia en las palabras en la tarea de decisión léxica que en la tarea de discriminación de símbolos (ver figura 18).

## PALABRAS (Animales-Objetos)

Se comparó el incremento de potencia en el post-estímulo cuando se presentaron las palabras de animales y de objetos según la tarea realizada.

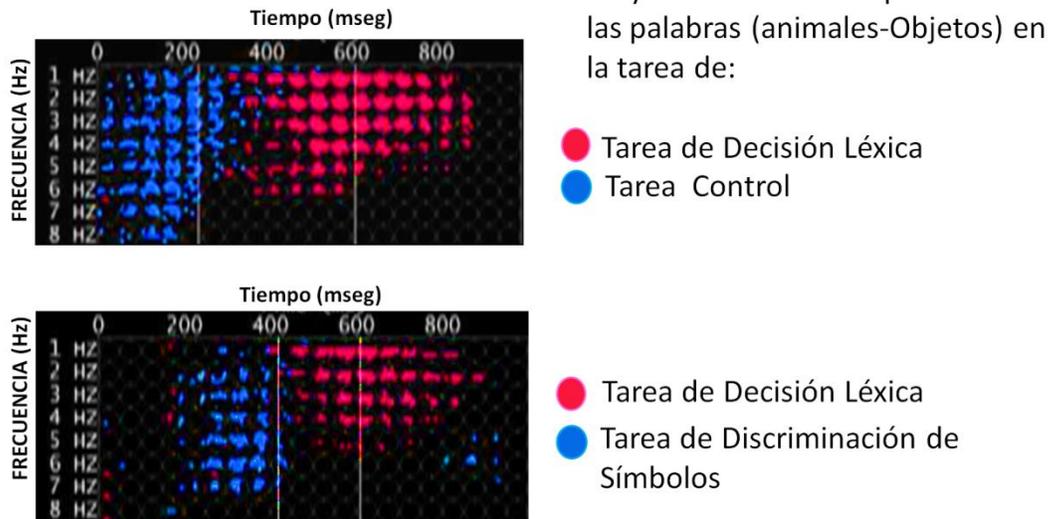


Figura 18. Se compara el incremento de potencia ante los mismos tipos de estímulos (palabras de animales) en la tarea de Decisión léxica, discriminación de símbolos y la tarea control.

## Tarea 4: Juicio Semántico

En la tarea cuatro de juicio donde se les pidió a los participantes que discriminaran las palabras por su significado, se observó un incremento de la potencia con respecto al pre-estímulo en las palabras de animales de 0 a 900ms en 1 a 7 Hz y un patrón similar fue observado en los demás estímulos. Asimismo se presentó una disminución de la potencia de 200 mseg a 800ms de 8 a 50 Hz en todos los tipos de estímulos (Ver figura 19).

## Tarea de Juicio Semántico

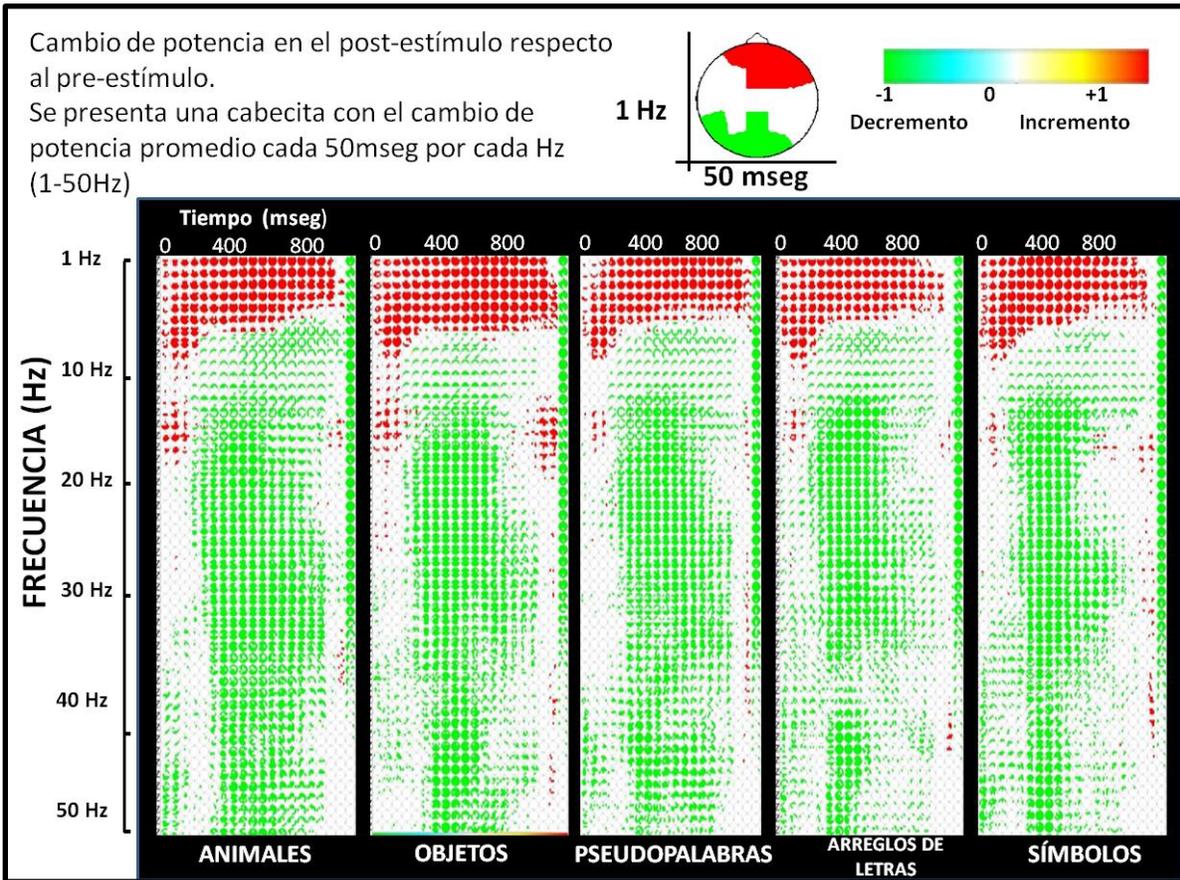


Figura 19. Se presentan los cambios significativos ( $p < .05$ ) de potencia inducida respecto al periodo pre-estímulo. En rojo se presenta el incremento y en verde la disminución durante la tarea de juicio semántico según el tipo de estímulo.

También se observó que las palabras de animales y objetos tuvieron mayor incremento de de 400-800 mseg en comparación con los demás tipos de estímulos. En el caso de los animales el mayor incremento se presentó en 1 y 7 Hz entre 300 mseg a 700 mseg aproximadamente cuando son comparados con las pseudopalabras, los arreglos de letras y los símbolos. Cuando se comparan las palabras de animales con las de objetos también se observan diferencias entre ellas entre 500 a 900 mseg (Ver figura 20).

En el decremento de potencia no se observó un patrón definido que permita diferenciar entre los distintos tipos de estímulos en estas tareas.

En el tiempo de reacción se observó que no hubo diferencias para responder a las palabras de animales (MED= 691.61 mseg) , de objetos (MED = 697.56 mseg) y pseudopalabras (MED= 712.98 mseg). En cambio responder a las palabras de animales y objetos si requirió mayor tiempo que responder a los arreglos de letras (MED= 529.88 mseg) ( $p < 0.001$ ) y símbolos (MED= 517.30 mseg) ( $p < 0.001$ ) .En análisis estadístico usado fue el análisis de varianza no paramétrico para muestras relacionadas de Friedman. (Ver figura 20b).

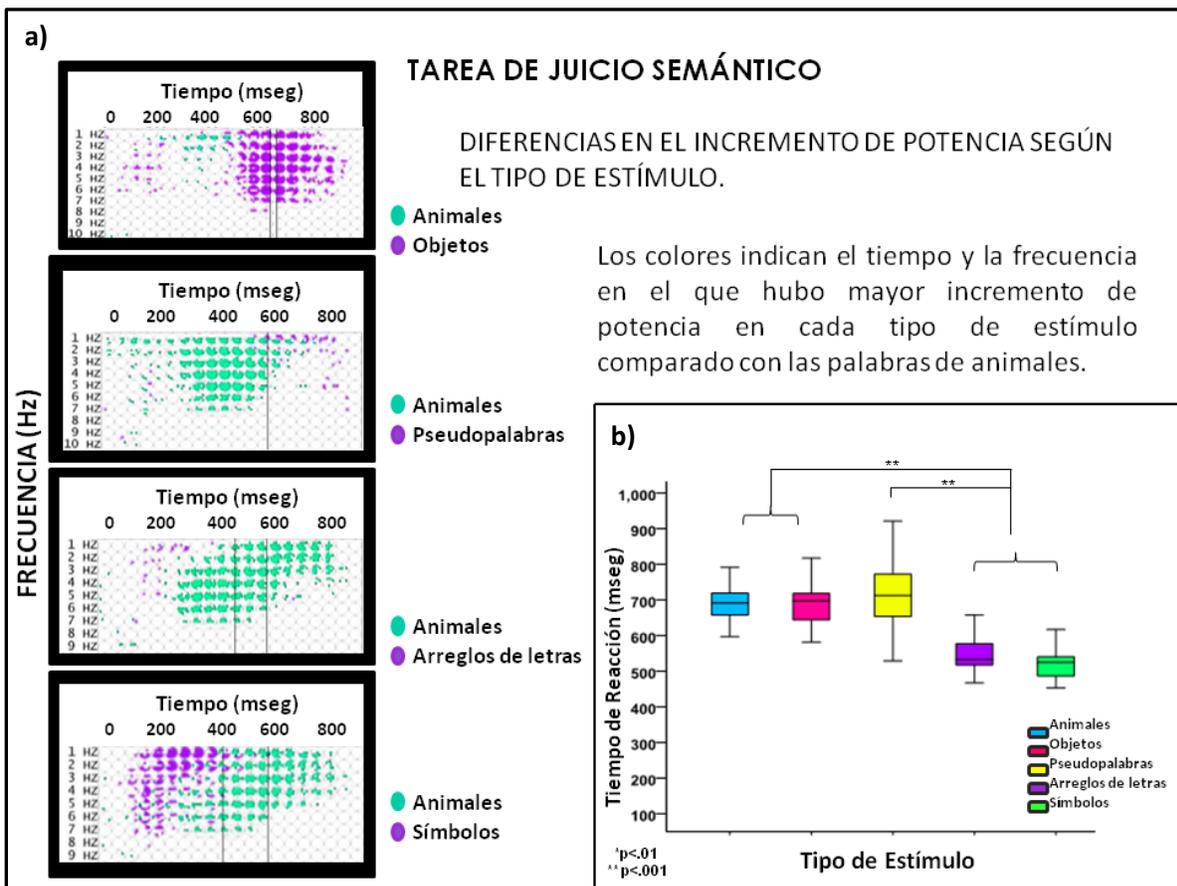


Figura 20. a) Se presentan las diferencias en el incremento de potencia para las palabras de animales en comparación con los demás estímulos durante la tarea de discriminación de símbolos. El color rosa indica mayor incremento para las palabras de animales y el color verde mayor incremento para los demás tipos de estímulos. Se gráfica una cabecita promedio cada 50mseg de 1 -9 Hz. B) Se presenta la mediana del tiempo de reacción (mseg) para cada tipo de estímulo y sus diferencias con los demás estímulos.

---

---

La topografía para cada tipo de estímulo fue diferente. Podemos observar que en el electrodo O1, T5, T3, P3, y F7 que se localizan en el hemisferio izquierdo, se observa un incremento mayor de potencia en la actividad theta y delta ante las palabras que ante los símbolos en esta tarea de juicio semántico (Ver figura 21).

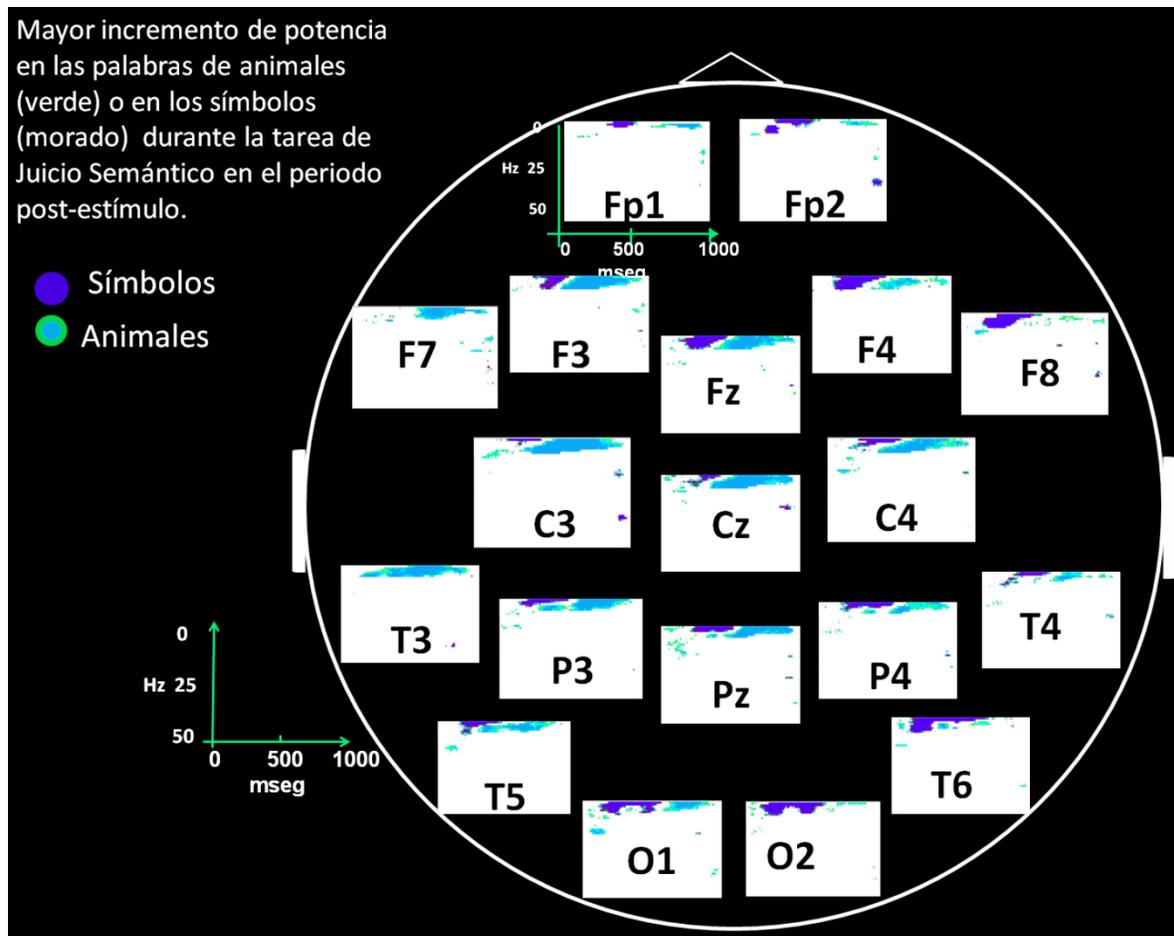


Figura 21. Se muestran las diferencias significativas en el incremento de potencia ( $p < .05$ ) para las palabras de animales (verde) y los símbolos (morado) en la Tarea de Juicio Semántico en cada uno de los 19 electrodos.

Asimismo cuando se compara el incremento de potencia para las palabras de animales contra las pseudopalabras se observa que hay un mayor incremento de potencia en delta y theta para las palabras de animales (Ver figura 22).

Mayor incremento de potencia en las palabras de objetos (verde) o en las palabras de animales (rojo) durante la tarea de Juicio Semántico en el periodo post-estímulo.

- Pseudopalabras
- Animales

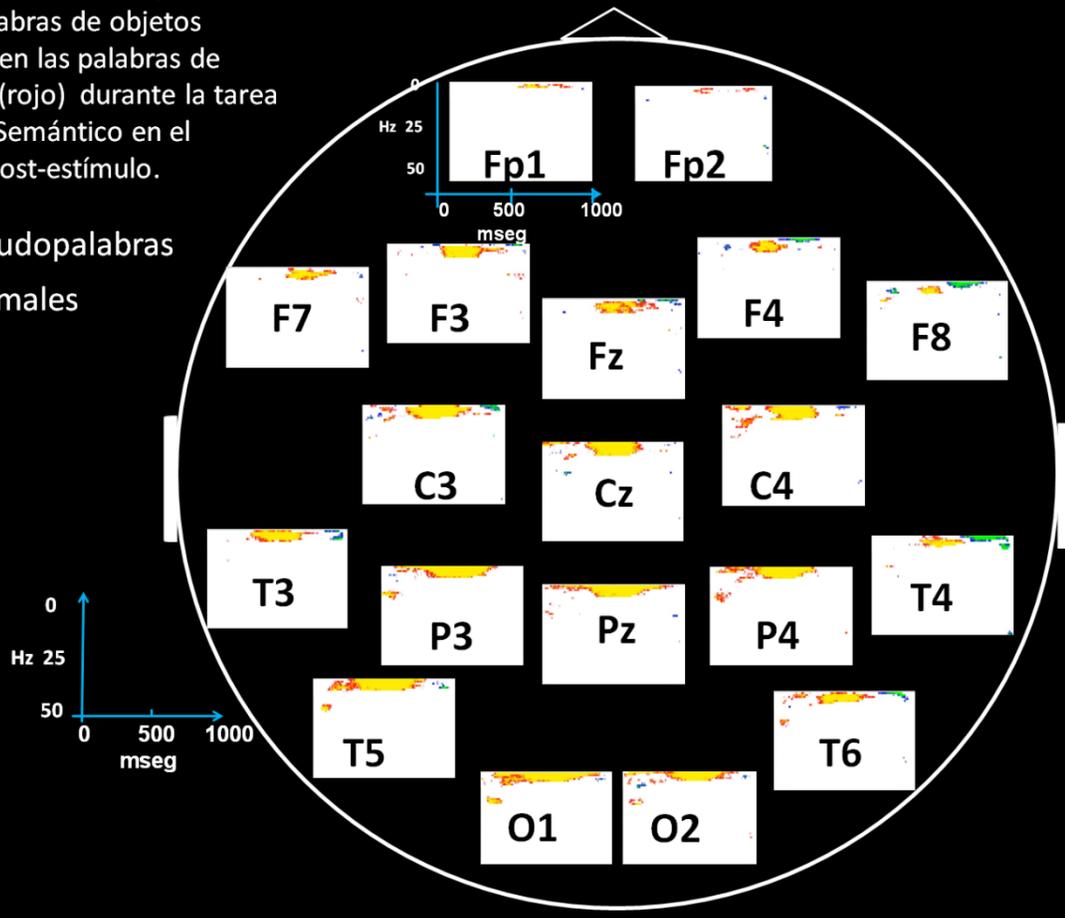


Figura 22. Se muestran las diferencias significativas en el incremento de potencia ( $p < .05$ ) para las palabras de animales (rojo-amarillo) y las pseudopalabras (verde) en la Tarea de Juicio Semántico en cada uno de los 19 electrodos.

Asimismo fue de nuestro interés observar los cambios de potencia ante un mismo tipo de estímulo a lo largo de las distintas tareas. En la figura 23 se compararon las palabras de animales en las cuatro tareas. En la tarea de juicio semántico el mayor incremento se presentó entre los 400 y 800 msec y fue de menor latencia en las tareas de decisión léxica, discriminación de símbolos y tarea control.

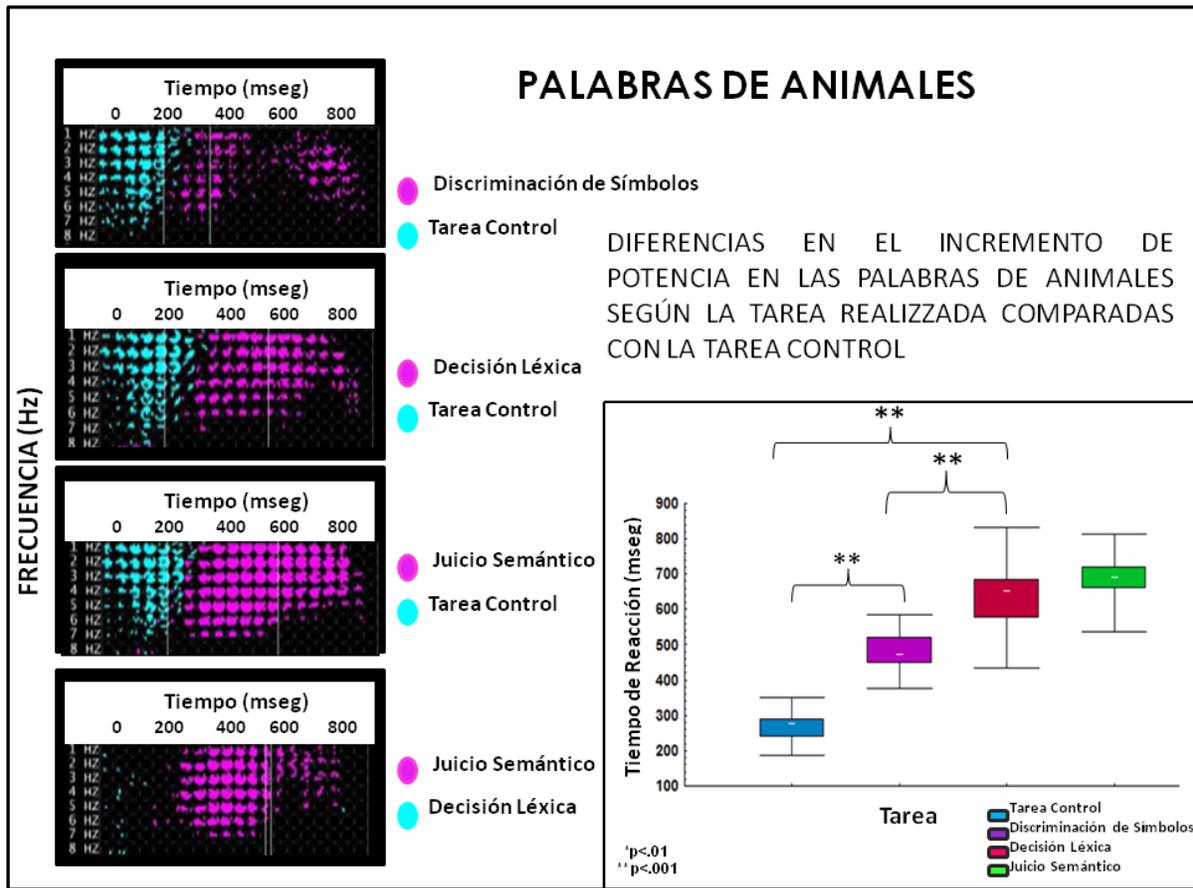


Figura 23. Se presentan las diferencias ( $p < .05$ ) en el incremento de potencia entre las cuatro tareas realizadas en las palabras de animales. También se agrega la gráfica con la mediana del tiempo de reacción para este tipo de estímulo en cada una de las tareas. El análisis estadístico utilizado fue el análisis de varianza no paramétrico para muestras relacionadas de Friedman.

Asimismo observamos que el tiempo de reacción fue mayor conforme la tarea fue más compleja, sin embargo entre la tarea de decisión léxica y la tarea de juicio semántico no observamos diferencias significativas.

## Tarea: Tarea control sin discriminación.

En la tarea control sin discriminación se incrementó la potencia inducida en la banda delta (1-4 Hz) de 0 a 600 mseg ante la presentación de todos los tipos de estímulos y en theta (4-7.5 Hz) de 0-300 mseg. Asimismo se observó un incremento de la potencia en los primeros 100 mseg entre (14-17Hz). Y un decremento en la banda alfa (8-12 Hz), beta (13-40 Hz) y gamma (<40 Hz) desde la presentación del estímulo hasta los 1000 mseg (Ver figura 24).

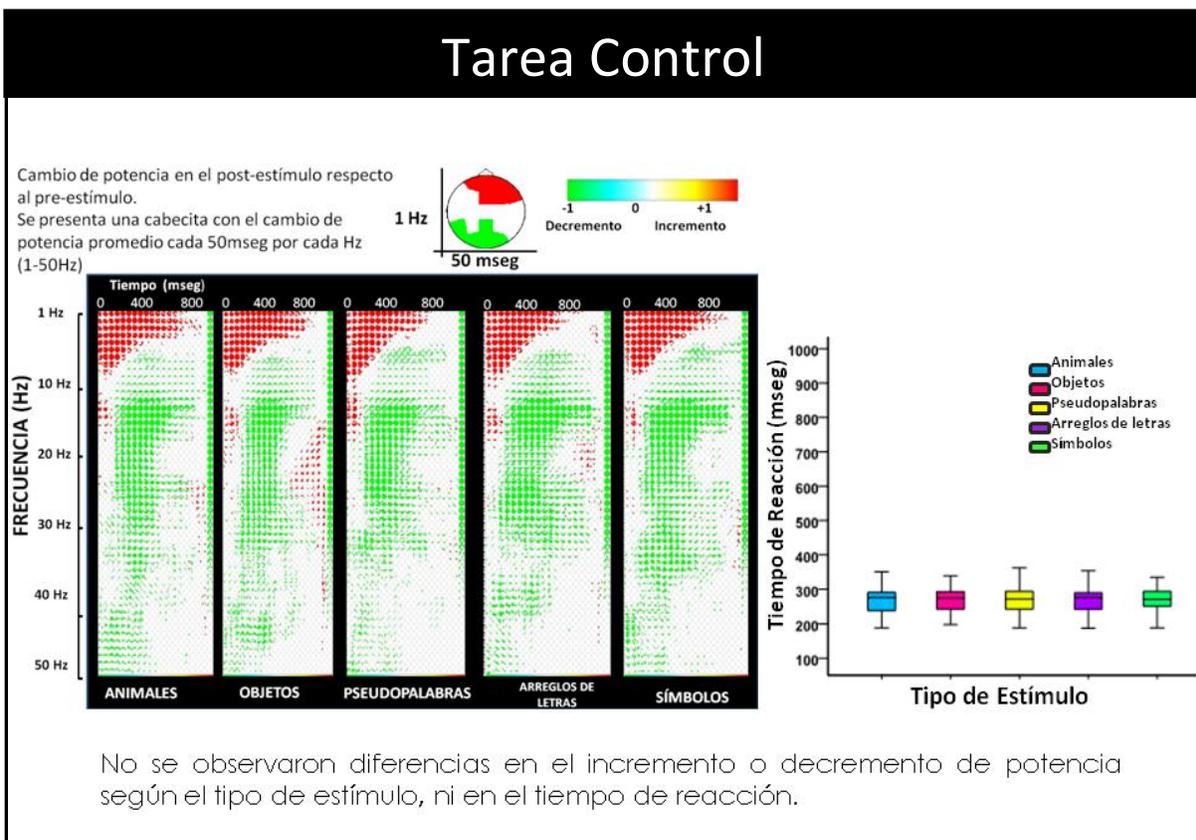


Figura 24. Se presentan los cambios significativos ( $p < .05$ ) de potencia inducida respecto al periodo pre-estímulo. En rojo se presenta el incremento y en verde la disminución durante la tarea control. También se presenta la mediana de los tiempos de reacción para cada tipo de estímulo en esta tarea

---

---

No se observaron diferencias en el patrón de incremento y decremento de la potencia inducida entre ningún tipo de estímulo.

En los tiempos de reacción en esta tarea control en donde los participantes tenía que responder inmediatamente después de que fuera detectado el estímulo sin distinguirlos según si eran palabras de animales (MED=271 mseg) palabras de objetos (MED=274 mseg), pseudopalabras (MED=272 mseg), arreglos de letras (MED=272 mseg) y símbolos (MED=276 mseg) y no hubo diferencias entre ellos.

---

---

## DISCUSIÓN

La lectura de palabras es un proceso complejo que requiere la participación de procesos cognoscitivos elementales como la sensación, percepción, discriminación, categorización, memoria y atención que le permiten al individuo reconocer signos gráficos y codificarlos como signos lingüísticos. En la lectura de palabras están implicados procesos de codificación visual, conversión ortográfica, análisis léxico, análisis fonológico y búsqueda semántica del significado de la palabra que se lee.

Los resultados de este trabajo permitieron observar que conductualmente y electrofisiológicamente existen diferencias en la latencia, la topografía y en la frecuencia de la actividad oscilatoria asociada a cada subproceso de la lectura.

Las diferencias en los tiempos de reacción entre las tareas sugieren que cada tarea implica distintos grados de procesamiento de la misma información, ya que los estímulos empleados fueron los mismos pero las instrucciones particulares de cada tarea le indicaban al sujeto que realizará procesamientos distintos.

Por su parte las diferencias en los cambios de potencia en cada tarea o tipo de estímulo, implican diferencias en la dinámica neuronal que subyace a cada tarea, ya que si bien está diferencias en incremento de potencia se observaron principalmente en las bandas delta y theta, la latencia y la topografía fueron distintas para cada tipo de proceso.

Esto nos hace suponer que los procesos de lenguaje y en particular la lectura de palabras escritas se caracterizan por un decremento generalizado de las frecuencias rápidas (beta y gamma) y de alfa y un incremento dinámico en el tiempo y según el procesamiento se hace más complejo. Asimismo la topografía varía dependiendo del estímulo que se presente y del tipo de procesamiento realizado.

---

---

De esta forma podemos decir que la latencia en el incremento de potencia en delta y theta está estrechamente relacionada con el procesamiento de información verbal desde que se perciben los signos gráficos, pasando por su conversión a símbolos con significado lingüístico hasta la evocación voluntaria del significado de la palabra que se está leyendo.

Asimismo la actividad alfa (8-12 Hz) presente en todas las tareas y tipos de estímulo podría explicarse como un correlato de procesos de atención, inhibición de la entrada sensorial y memoria principalmente verbal ya que se observó un mayor decremento en las tareas de decisión léxica y juicio semántico en los estímulos de palabras y pseudopalabras.

Estos datos corresponden con los observados por Klimesch (Klimesch et al. 1997; Klimesch, 1997b, Klimesch, et al. 2006) quién sostiene que un incremento en la banda theta y una disminución en alfa está relacionado con procesos de memoria de trabajo verbal y memoria semántica. Y que de hecho es necesario está dinámica de incremento en theta y disminución en alfa.

La disminución de potencia en beta (13-40 Hz) nos hace suponer que por una parte esta dinámica neuronal en las frecuencias rápidas no está directamente asociada con procesos de lectura de palabras en particular, pero si en los procesos que estuvieron presentes en las cuatro tareas, por ejemplo la disminución de potencia en la actividad beta podría estar relacionada con procesos motores comunes en todas las tareas como apretar un botón para indicar la respuesta correcta. Esto coincide con los trabajos de Pfurtscheller, G y Lopes da Silva (2000) quien ha caracterizado una disminución de actividad beta asociada con movimiento voluntario o incluso preparación de movimiento y anticipación de él.

Asimismo el incremento en la actividad gamma clásicamente se ha relacionado con procesos de integración perceptual y procesos cognitivos complejos. En este trabajo al contrario se observó una disminución de la actividad gamma (> 40Hz) en las cuatro tareas lo que corresponde con el trabajo de Pulvermüller et al., (1999) en donde presentan palabras de verbos y sustantivos con una tarea de decisión léxica y

---

---

---

observan un decremento en la actividad gamma respecto a la línea base pero no entre tipo de estímulo. También Hagoort (2004) reporta un incremento en actividad gamma en lectura de oraciones.

Estás diferencias podrían explicarse por varias razones: el ancho de banda usado en este trabajo es de 0.5Hz a 50 Hz por lo que la actividad gamma presente en la señal es muy estrecha. Los trabajos de referencia de actividad gamma analizan esta banda de frecuencia entre los 30 y los 100Hz. También podría deberse esta diferencia entre Hagoort (2004) y nuestro trabajo a que la lectura de oraciones es un proceso de integración y construcción del significado de una oración a partir de la lectura de palabras individuales y que tiene más semejanza con los procesos de integración perceptual que se ha asociado con esta banda (Singer, 2002).

### **Tarea de Discriminación de Símbolos**

En la tarea de discriminación de símbolos se observó incremento en el tiempo para responder a ellos. Esta diferencias pueden deberse a que el procesamiento de los símbolos se hace elemento por elemento y en cambio en las palabras, pseudopalabras y arreglo de letras fue más rápido el análisis porque la presencia de una sola letra en el estímulo era condición necesaria para descartarla como símbolo y además en el caso de las palabras y pseudopalabras el procesamiento de las letras es un procesamiento en paralelo de todas las letras que hace eficiente la lectura (Brown y Hagoort, 2000).

Además el proceso de capturar las características de los elementos que definen a una categoría como los símbolo es un proceso que implica una organización temporal y bien instrumentada para agrupar las características que definen ese elemento y empalmarlo con los patrones en memoria que tenemos de esa categoría y con base en ello dar una respuesta. Esto significa que existen procesos *bottom up* cuando se percibe el estímulo y *top down* cuando se comparan con la memoria visual en este caso y se toma la decisión para dar la respuesta.

---

---

Esto por tanto está de acuerdo con un mayor incremento de potencia para los símbolos entre 200 y 600 mseg en la banda delta y theta en comparación con todos los demás estímulos, esto sugiere que es en esta ventana de tiempo en la que se lleva a cabo la categorización y reconocimiento de los estímulos ya que también correspondió con el tiempo en el que los sujetos emitieron su respuesta (555 mseg).

La mayor activación de la banda delta en el reconocimiento de símbolos podría representar procesos sensoriales y de detección del estímulo (Schoroeder y Lakatos, 2009; Basar et al., 1999) procesos de atención sostenida y selectiva (Harmony et al., 1996; Harmony et al., 1999) que facilitan los procesos de detección y reconocimiento de patrones así como procesos de toma de decisión basados en la expectación de los estímulos relevantes (Basar et al., 1999; Stefanisc et al., 2010).

Por otra parte la activación en la banda theta se considera como actividad que da cuenta de procesos de memoria de trabajo (Jensen, et al; 2002) y memoria de largo plazo (Klimesch, 1997) así como con estados de alerta (Basar et al., 1999). Esto es importante este porque cuando se observan los símbolos estos se codifican y mantienen en memoria de trabajo para poder categorizarlos y emitir una respuesta.

En esta tarea de discriminación de símbolos la respuesta requirió mayor tiempo que responder a ellos en la tarea control probablemente porque la tarea de discriminación además de la detección del estímulo implicaba la percepción consciente y la categorización de los estímulos según sus rasgos visuales.

### **Tarea de Decisión Léxica**

En la Tarea de Decisión Léxica observamos que a los sujetos les tomó mayor tiempo dar su respuesta cuando se presentaban las palabras tanto de animales como de objetos y también de las pseudopalabras en comparación con los símbolos y los arreglos de letras. Esto sugiere que se está llevando a cabo un proceso de análisis

---

---

fonológico y léxico de la información sólo en los estímulos que contienen letras y que se pueden leer.

También observamos que existe una alta variabilidad en las respuestas de los sujetos a las pseudopalabras porque son estímulos más difíciles de categorizar ya que por una parte su estructura fonológica y ortográfica es similar a la de una palabra pero no existe un patrón similar en el diccionario mental. También es probable que se esté usando la segunda ruta de la lectura en la que se realiza primero el análisis fonológico y luego el léxico porque como no se reconoce el patrón visual se trata de evocar por medio de la pronunciación y que genera a su vez que la respuesta del participante se demore.

Al proceso de reconocimiento de patrones lingüísticos y su comparación con los almacenados en nuestro diccionario mental (lexicón) de acuerdo con Ellis y Young (1992) es un proceso exclusivo del lenguaje, porque existe un proceso de conversión gráfica-lingüística para evocar o recuperar el significado. Este procesamiento de análisis léxico y fonológico se manifiesta como incremento en la potencia de los 400 a 800 milisegundos principalmente en 1-8 Hz, esto corresponde con los trabajos de Klimesch (1997) y Baastiansen et al.,(2008) que sugieren que un incremento en la actividad en la banda theta y el decremento en la actividad alfa es un mecanismo que permite el reconocimiento de palabras, porque lleva implícito procesos de atención focalizada, inhibición sensorial y paso de memoria de trabajo verbal y memoria verbal de largo plazo.

Es posible que cuando se identifica un patrón de letras como una posible palabra primero se lleve a cabo un proceso *bottom-up* sensorial principalmente para codificar la información de los estímulos, después se requiere mantener esa información en memoria de trabajo para empalmarla y compararla con la memoria semántica de largo plazo (procesos *top-down*) y así decidir si el estímulo es o no una palabra.

---

---

## Tarea de Juicio Semántico

El análisis semántico de la información requiere que se haya realizado con éxito el análisis léxico y fonológico ya que la memoria semántica tiene una estrecha relación con el léxico. Por un lado se ha afirmado que desde que se analiza una palabra es posible evocar el significado de una palabra y que quizá el análisis semántico es sólo una propuesta teórica para diferenciar dos momentos o de un mismo proceso, sin embargo por otro lado y de acuerdo a los modelos seriales como el de Ellis y Young (1992) estos dos procesos son distintos y diferenciables entre ellos.

Los resultados obtenidos en este trabajo nos permiten sugerir que el análisis semántico de la información es un proceso independiente de la entrada al léxico las diferencias electrofisiológicas sugieren que el procesamiento involucra redes funcionales distintas con una dinámica y topografía propias aunque en el tiempo no sean diferentes. El hecho de que no existieran diferencias en el tiempo de reacción lleva a pensar que las diferencias en ambos procesos no es su temporalidad del proceso en sí mismo, sino en la dinámica neuronal que subyace a cada uno de ellos.

La latencia del análisis semántico corresponde con trabajos previos en donde se observa que tareas de búsqueda semántica tienen un patrón de incremento de potencia de 200-600mseg principalmente (Grabner et al., 2007; Klimesch, 1997a, 1997 b). Asimismo la diferencias en la topográfica entre ambos tipos de palabras está de acuerdo con la propuesta de que campos semánticos tienen una distribución topográfica diferente dependiendo de las características semánticas de la información, por ejemplo en el caso de palabras de animales se sugiere que su distribución topográfica es más occipital porque están principalmente determinados por sus características visuales en comparación con los sustantivos de objetos o verbos que implican actividad motora etc. (Bastiaansen et al., 2008) .

Los resultados de este trabajo nos permiten sugerir una propuesta sobre la organización de los procesos en la lectura de palabras (Ver figura 25).

---

---

Se considera que el análisis visual es un procesamiento de bajo nivel que implica la codificación de los elementos que forman un estímulo con la finalidad de buscar letras con un patrón existente en la lengua que se hable. En este nivel los símbolos que no son letras y probablemente los arreglos de letras sean rechazados porque no son estímulo que potencialmente proporcionen información verbal.

Posteriormente se realiza un análisis sobre las características léxicas, fonológicas y semánticas de los estímulos de forma simultánea en el tiempo y que dependerá de la frecuencia de uso de la palabra, su fonología y la categoría semántica a la que pertenezca para que sea distinguida con más o menos facilidad.

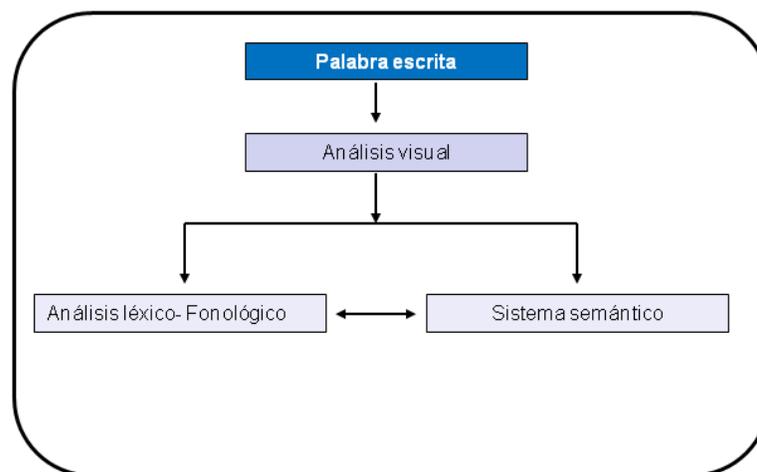


Figura 25. Modelo de lectura propuesto

Es importante mencionar que la mayoría de los trabajos sobre lectura se enfocan en analizar solamente la actividad en la banda theta y alfa porque se propone que la actividad theta y alfa están relacionadas con el paso de la información de memoria de trabajo verbal y la memoria semántica (Klimesch et al., 1999; 1997). Sin embargo se considera que esta restricción no está justificada porque la lectura no es un proceso puramente semántico es un proceso integrador formado por un análisis perceptual, léxico y semántico y que una descripción de estos procesos y sus implicaciones electrofisiológicas son una aproximación más integral del proceso como tal.

---

---

La actividad oscilatoria se manifiesta a distintas frecuencias simultáneamente porque se requiere la unión de microprocesos como la codificación de las características visuales de un estímulo, su almacén de dichas características en memoria de de trabajo, su comparación y evocación con la memoria semántica, la toma de decisiones y la respuesta motora etc., lo que en conjunto dan un proceso mayor como la lectura de una palabra, esto pequeños microprocesos generan patrones electrofisiológicos que pueden corresponder a microestados dinámicos que dan cuenta del tipo de procesamiento de la información que se está realizando.

Si bien en la literatura se ha propuesto que ciertas frecuencias corresponden con ciertos tipos de procesamiento, también es cierto que los procesos cognoscitivos también llamados procesos de alto nivel son procesos complejos por el número de elementos que llevan por la interrelación que existe entre ellos. No resulta por ello sorprendente que no se restringen a una sola frecuencia o topografía, sino que impacten y sean capaces de modificar las actividad oscilatoria a distintas frecuencias de forma dinámica y que en realidad para caracterizar un proceso como la lectura deba de considerarse los cambios en la actividad neuronal oscilatoria a lo largo del tiempo de procesamiento y deba verse estos cambios como una organización finamente organizada en el tiempo, la frecuencia y que tienen una distribución topográfica dinámica.

### **Tarea Control**

En la tarea control no existieron diferencias en la velocidad de procesamiento medida por los tiempos de reacción en los distintos tipos de estímulos. Y se puede explicar ya que si bien se presta atención a ellos para percibirlos en cuanto aparecen, esta primera percepción no se propone categorizarlos de forma estricta.

La tarea control demandaba que el sujeto detectará el estímulo y respondiera antes de llevar a cabo cualquier otro tipo de procesamiento más complejo como un análisis más abstracto o lingüístico.

---

---

Se observó que hubo incremento de potencia en la actividad delta y theta en todos los tipos de estímulos lo cual sugiere que en este nivel el procesamiento principalmente se hace sobre las características físicas del estímulo y de la modalidad de estimulación.

---

---

## 9. CONCLUSIONES

La lectura no es un proceso unitario, es un macroproceso que implica un análisis visual, fonológico léxico y semántico de la información y que pueden ser caracterizados por cambios de potencia en distintas bandas de frecuencia en la señal de EEG, principalmente en actividad delta y theta.

La dinámica neuronal que subyace a cada proceso se manifiesta principalmente como un incremento de potencia en la actividad delta y theta que indican un mayor procesamiento de memoria semántica, memoria de corto plazo y procesos de atención y toma de decisiones relacionadas con el procesamiento sensorial.

La búsqueda semántica de la información es un proceso que se lateraliza del lado izquierdo y que se manifiesta como mayor incremento de potencia en regiones temporo-occipitales, y frontales.

El acceso al léxico y la búsqueda semántica son dos procesos independientes pero acoplados en el tiempo durante la lectura de palabras, por lo que estos datos no apoyan la propuesta de Ellis y Young (1992) sobre un procesamiento serial, aunque si están de acuerdo que le antecede un análisis visual de la información.

---

---

## REFERENCIAS

- Alba, A.; Marroquín, J. L.; Peña, J.; Harmony, T. y González-Frankerberger. (2007). Exploration of event-induced EEG phase synchronization patterns in cognitive task using time-frequency-topography visualization system. ***Journal of Neuroscience Methods***. 161, 166-182.
- Alba, A.; Marroquín, J. L y Arce-Santana, Harmony, T. (2009). Classification and interactive segmentation of EEG synchrony patterns. (In press).
- Aftanasm, L. Varlamov,A. y Pavlov,S. (2001). Affective picture processing: event-related synchronization. Within individually definedhu8man theta band is modulated by valence dimension. ***Neuroscience Letter*** 320(3): 115-118.
- Álvarez, C.; Alameda, R. y Domínguez, A. (1999). El reconocimiento de las palabras: Procesamiento ortográfico y silábico. En De Vega y Cuetos (Eds.). ***Psicolingüística del Español***. (Cap. 3 pp 89-130.
- Basar, E.; Basar- Eroglu, C.; Karakas, S. y Schurmann. (1999). Are cognitive processes manifested in event-related gamma alpha, theta and delta oscillations in the EEG?. *Neuroscience Letters*. 258, 165-168.
- Bastiaansen, M.; Mazaheri, A. y Jensen O. (2008). Beyond ERPs: oscillatory neuronal dynamics. In: S. Luck, E. Kappenman (Eds): ***Oxford Handbook of Event-Related Potential Components***. New York, Oxford University Press.

- 
- 
- Bastiaansen, M., Oostenveld, R. Jensen, O. y Hagoort, P. (2008). I see what you mean: Theta power increases are involved in the retrieval of lexical semantic information. *Brain and Language* 106, 15–28.
- Bizas, E., Simos, P., Stam, C., Arvanitis, S., Terzakis, D. y Micheloyannis, S. (1999). EEG Correlates of cerebral engagement in reading tasks. *Brain Topography*. 12(2) 99-105.
- Brandeis, D.; Michel, C. y Amzica, F. (2009) From neuronal activity to scalp potential fields. En Michel, C.; Kiening, T.; Brandeis, D.; Gianotti, L.; Wackermann, J. *Electrical Neuroimaging*. Cambridge University Press.
- Buzsaki, G. (2006). *Rhythms of Brain*. Oxford University Press.
- David, O., Kilner, J. y Friston, K. (2006). Mechanism of evoked and induced response in MEG/EEG. *Neuroimage*. 21. !580-1591.
- Dien, J. (2009). The neurocognitive basis of reading single words as seen through early latency ERPs: A model of converging pathways. *Biological Psychology* 80, 10–22.
- Domínguez, A. y Estévez, A. (1999) El reconocimiento de las palabras: Procesamiento morfológico y semántico. En De Vega y Cuetos (Eds.). **Psicolingüística del Español**. (Cap. 4 pp 131-161). Editorial TROTTA. España.
- Doppelmayr, M.; Klimesch, W.; H"odlmoser, K.; Sauseng, P. y Gruber, M. (2005). Intelligence related upper alpha desynchronization in a semantic memory task. *Brain Research Bulletin* 66: 171–177.
- Ellis, A. W. y Young, A. W. (1992) *Human Cognitive Neuropsychology*. Psychology Press.
-

- 
- 
- Fabiani, M.; Gratton, G. y Rugg, M. (2000). Event-Related Brain Potentials. En Cacioppo, J.; Tassinari y Berntson, G. (Eds) **Handbook of Psychophysiology**. (Cap 3, 53-80), 2<sup>nd</sup> Edición. Cambridge University Press.
- Fries, P. (2005) A mechanism for cognitive dynamics: neuronal communication through neuronal coherence. **TRENDS in Cognitive Sciences** Vol.9 No.10. 474-480.
- Gernsbacher y Kaschak, (2003) Neuroimaging studies of language production and comprehension. **Annual Review of Psychology**. 54:91–114.
- Gevis, A. (2002). Electrophysiological Imaging of Brain Function. En **Brain Mapping: The Methods**. (Cap 8, 175-188) 2<sup>nd</sup> Edición. Elsevier Science.
- Grabner, R., Brunner, C., Leeb, R., Neuper, C. y Pfurtscheller, G. (2007) Event-related EEG theta and alpha band oscillatory responses during language translation. **Brain Research Bulletin** 72, 57–65.
- Harmony, T. (1977). **Neurometric assessment of brain dysfunction in neurological patients**. Lawrence Erlbaum Ass, Hillsdale, New Jersey, 1984, 577 páginas.
- Harmony, T.; Fernandez, T.; Silva, J.; Bernal, J.; Diaz-Comas, L.; Reyes, A.; Marosi, E.; Rodriguez, M. (1996). EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks, **International Journal of Psychophysiology**, 24 ,161–171.
- Harmony, T.; Alba, A.; Marroquín, J.L.; Fernández-Bouzas, A.; Avecilla, G. Ricardo-Garcell, J. ; Santiago-Rodríguez, E.; Otero, G.; Porrás-Kattz, E. y Fernández, T. (2008) *Quantitative Electroencephalography in the Normal and Abnormal Developing*. En **From Development to Degeneration and Regeneration of the Nervous System**. Capítulo 6. Oxford University Press.

---

---

Harmony, T. (1999). Do specific EEG frequencies indicate different processes during mental calculation? *Neuroscience Letters*, 266, 25–28.

Harmony T, Alba A, Marroquín JL, González-Frankenberger B. (2009) Time-frequency-topographic analysis of induced power and synchrony of EEG signals during a Go/No-Go task. *Intenational Journal of Psychophysiology*. 71(1), 9-16.

Hagoort, P. (2008) On Broca, brain, and binding: a new framework. *TRENDS in Cognitive Sciences* Vol.9 No.9 416-423.

Holcomb, P y Grainger, J. (2006). On the Time Course of Visual Word Recognition: An Event-related Potential Investigation using Masked Repetition Priming. *Journal of cognitive Neuroscience*. 18 (10) 1631-1643.

Jensen, O.; Gelfan, J. Kounios, J. y Lisman, J. (2002). Oscillations in the alpha band (9-12 Hz) increase with memory load during retentions in a short-term memory task. *Cerebral Cortex*. 12: 877-882.

Karrasch, M., Krause, C., Laine, M., Lang, H. y Lehto, M.(1998). Event-related desynchronization and synchronization during an auditory lexical matching task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 107, 112–121.

Klimesch, W.; Doppelmayr, M. y Russegger, P. (1997a). Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information. *Cognitive Brain Research* 6, 83–94.

Klimesch, W.; Doppelmayr, M. y Pachinger, Th, Ripper, B. (1997b). Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neuroscience Letters* 238, 9-12.

- 
- 
- Klimesch, W.; Doppelmayr, M y Hanslmayr, S. (2006). Upper alpha ERD and absolute power: their meaning for memory performance. In Neuper & Klimesch (Eds. ) ***Progress in Brain Research***. Vol.159.
- Kiebel,S.; Tallon-Baudry, C. ; y Friston, K. Parametric Analysis of Oscillatory Activity as Measured With EEG/MEG. ***Human Brain Mapping***. 26:170–177.
- Lebrun, N., Clochon, P. y Etévenon, P. (2001). An ERD mapping study of the neurocognitive process involved in the perceptual and semantic analysis of environmental sound and words. ***Cognitive Brain Research***. 11(2): 235-248.
- Mahon, B. y Caramazza, A. (2009). Concepts and Categories: A Cognitive Neuropsychological perspective. ***Annual Review of Psychology***.
- Marroquín, J. L.; Harmony, T.; Rodríguez, V. y Valdes, P. (2004). Exploratory EEG data analysis for psychological experiments.***NeuroImage***. 21, 991-999.
- Niedermeyer, E (2004). The Normal EEG of the Walking Adult. En Niedermeyer, E. y Lopes Da Silva, F. (Eds.) ***Electroencephalography: Basic principles. Clinical applications and related fields***. (Cap 9, 167-192) Lippincott Williams & Wilkins.
- Pfustscheller, G y Arabibar, A. (1997) Event Related Cortical Desynchronization detected by power measurements of scal EEG. ***Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*** , 42:817—826.
- Pfustscheller, G y Lopes da Silva, F. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. ***Clinical Neurophysiology*** 110 (1999) 1842-1857.
- Pfustscheller, G y Lopes da Silva, F. (2000). EEG Event-Related Desynchronization (ERD) and Event-Related Synchronization (ERS). En ***Electroencephalography: Basic principles. Clinical applications and related fields***. (Cap 51, 1003-1016) Lippincott Williams & Wilkins.
-

- 
- 
- Rohm, D., Klimesch, W. y Haider, H (2001). The role of theta and alpha oscillations for language comprehension in the human electroencephalogram. ***Neuroscience Letter***. 310: 137-140.
- Siegel, S. (1995). ***Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta***. 4ª Ed. Editorial TRILLAS.
- Singer, W. (2009) Distributed processing and temporal codes in neuronal networks. *Cognitive Neurodynamic*. 3: 189-196.
- Steriade, M. (2004). Cellular Substrates of brain rhythms. En Niedermeyer, E. y Lopes Da Silva, F. (Eds.) ***Electroencephalography: Basic principles. Clinical applications and related fields***. (Cap 3, 31-83) Lippincott Williams & Wilkins.
- Schroeder, Ch. y Lakatos, P (2009). Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection. ***Trends in Neurosciences*** Vol.32 No.1
- Tallon-Baudry, C. ; Bertrand, O.; Delpuech, C. and Pernier. (1997). Oscillatory  $\gamma$ -Band (30–70 Hz) Activity Induced by a Visual Search Task in Humans. ***The Journal of Neuroscience***, 17(2):722–734.
- Theios, J. (1973). Reaction time measurements in the study of memory processes: Theory and data. In G. A. Bower (Ed.), ***The psychology of Learning and Motivation: Advances in research and theory***. (Vol. 7, pp43-85). New York: Academic Press.
- Varela, F.; Lachaux, J.; Rodriguez, E. and Martinerie, J. The brainweb: phase synchronization and large scale integration. ***Nature Review Neurosciences***. 2, 229-239.
- Wagenmakers, E.; Ratcliff, R.; Gomez, P. y McKoon. (2008). A diffusion model account of criterion shifts in lexical decision task. ***Journal of Memory and Language***. 58, 140-159
-

---

---

Xu B, Grafman J, Gaillard WD, Ishii K, Vega-Bermudez F, ( 2001). Conjoint and extended neural networks for the computation of speech codes: the neural basis of selective impairment in reading words and pseudowords. ***Cerebral Cortex*** 11:267–77.

Yap, M. J; Balota, D.; Cortese, M. J. y Watson, J. M. (2006). Single versus Dual Process models of lexical decision performance: Insights from response time distributional analysis. ***Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance***. 32 (6), 1324-1344.