



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

División de Ciencias Biológicas

Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) durante la percepción de palabras abstractas y concretas

Tesis

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
(OPCIÓN NEUROCIENCIAS)**

presenta

Marco Arturo Castro Salas

Comité tutelar

Dr. Daniel Zarabozo E. de R. (Director)

Dr. Andrés González Garrido

Dra. Esmeralda Matute Villaseñor

Guadalajara, Jalisco

Noviembre de 2008

Agradezco a todos los que contribuyeron con su asesoría, trabajo, dedicación y
acompañamiento a la realización de esta tesis:

Dr. Daniel Zarabozo Enríquez de Rivera

Dr. Andrés González Garrido

Dra. Esmeralda Matute Villaseñor

Dr. Luis Fernando Lara (El Colegio de México)

Dr. Humberto Madera Carrillo

Dr. Fernando Leal Carretero

Profesores del Instituto de Neurociencias

Amigos y participantes

RESUMEN

Las palabras comúnmente son consideradas concretas o abstractas en función del grado de imaginabilidad de su significado. Conductualmente se ha observado que el procesamiento de las palabras concretas suele ser más rápido (menor TR) y preciso (menos errores) que el de las abstractas. A este hecho se le conoce como ‘efecto de concreción’. Dicho efecto se ha relacionado también con el componente N400 y suele explicarse desde la Teoría de la Codificación Dual (TCD) o desde el Modelo de la Disponibilidad del Contexto (MDC). El objetivo de este estudio fue corroborar las diferencias conductuales y electrofisiológicas (PREs) reportadas anteriormente, pero utilizando una tarea de juicio semántico que requiere explícitamente del acceso semántico y de la integración del significado, con el fin de acentuar la contribución específica del sistema verbal y del imaginativo propuestos por la TCD en relación con el procesamiento de cada tipo de palabra. Los participantes fueron quince hombres, entre los 18 y 36, diestros e hispanohablantes. Ellos tuvieron que juzgar si una palabra (de frecuencia media) era congruente o no con una definición usual. Se corroboró el efecto de concreción tanto a nivel conductual como electrofisiológico. En el primer caso el efecto fue muy fuerte mientras que en el segundo caso las diferencias relacionadas con el componente N400-análogo se dieron en un sentido distinto al reportado en trabajos PREs anteriores. Estos resultados por un lado sugieren, como en los estudios previos, la intervención de dos sistemas representacionales distintos para el procesamiento de las palabras concretas y de las abstractas como propone la TCD y por otro, que la tarea utilizada pudo implicar considerablemente otros procesos cognitivos –tales como el pensamiento y la memoria de trabajo- además del acceso semántico y de la integración del significado.

ABSTRACT

Words are commonly considered as concrete or abstract in terms of imageability of its meaning. It has been reported that behaviorally concrete words are processed faster (lower RT) and more accurately (less errors) than abstract words. These facts have been grouped under the term “concreteness effect”. It has been related to N400 component in studies using ERPs technique, and has been explained from the viewpoints of two main theories: Dual Codification Theory (DCT) and Context Availability Theory (CAT). Related to concreteness effect, the aim in present study were to corroborate behavioral and electrophysiological differences previously reported by means of a semantically judgment task that required explicitly both semantic access and meaning integration. Fifteen men, Spanish speakers, right-handed participants aged between 18 and 36 years were asked to decide if a word (mean use-frequency substantive) was or not congruent with a previously presented common definition. Results showed the presence of concreteness effect, both behavioral and electrophysiological. In the first case concreteness effect was clear-cut but in the second N400-like differences between concrete and abstract words were distinct from results previously reported. Our results suggest on one hand, in accordance with previous reports, the existence of two different representational neural systems implied in processing of concrete and abstract words meaning –as proposed by DCT and, on the other hand that the task employed in this research could imply the concurrence of cognitive processes – such as thought and working memory- in addition to semantic access and meaning integration.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	i
ANTECEDENTES	
1 DESARROLLO HISTÓRICO DEL PROBLEMA	1
2 DE LA SENSACIÓN AL SIGNIFICADO	7
2.1 Sensación y Percepción	7
2.2 El Sistema Visual.....	9
2.3 La Imaginación.....	11
2.4 Concepto y Lenguaje	14
2.5 El Significado	19
3 CONCRECIÓN Y LATERALIDAD HEMISFÉRICA	22
4 ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL.....	26
4.1 Potenciales Relacionados con Eventos (PREs)	28
4.2 Electrofisiología Cognitiva.....	30
4.2.1 Componentes tempranos relacionados con eventos lingüísticos: N1 y N2	31
4.2.2 Componentes tardíos o cognitivos: P300 (a y b), P600 y N400	31
5 EFECTO DE CONCRECIÓN Y PRES.....	34
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	42
OBJETIVOS	44
HIPÓTESIS	45
MÉTODO	46
RESULTADOS	52
DISCUSIÓN	68
CONCLUSIÓN	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	89

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se inscribe en el ámbito de la Neurociencia cognitiva porque aborda el tema del conocimiento humano que está caracterizado por la representación conceptual y la mediación lingüística de los objetos. Desde la perspectiva neurocientífica el conocimiento puede entenderse como la representación neural de los estímulos ambientales. Esta representación implica una cierta interpretación nerviosa de los estímulos de acuerdo con las características biológicas de cada especie.

En el caso de los seres humanos, el cerebro está provisto de una estructura y capacidad tal que no se limita a la percepción de las cosas particulares sino que además es capaz de formar conceptos que expresa por medio de un sistema de signos altamente organizado: el lenguaje. Por esta razón el conocimiento humano puede estar más o menos ligado a las imágenes de los objetos, de donde se deriva que algunos conceptos y las palabras que los designan sean considerados concretos cuando son muy imaginables o abstractos cuando son poco imaginables.

Con arreglo al tema señalado, este estudio se divide en cinco capítulos. En el primero se presenta *grosso modo* el desarrollo histórico del problema: el devenir de la psicología filosófica en psicología experimental, además del origen y desarrollo de la neurociencia en relación con la perspectiva neurofisiológica del conocimiento. En el segundo, partiendo de una concepción jerárquica de las funciones cerebrales, se describe el conocimiento humano como un continuo que parte de la sensación y culmina con el significado. El capítulo tercero aborda el tema de la concreción en relación con la asimetría cerebral o bien con la lateralización de las funciones en la corteza cerebral. En el cuarto se exponen los conceptos básicos de la electrofisiología cerebral y de la técnica utilizada en este estudio: los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs). El quinto trata finalmente de los estudios que relacionan el efecto de concreción con los PREs.

El *efecto de concreción* señala la diferencia conductual que existe entre el procesamiento de las palabras concretas y de las abstractas, y consiste en la observación de que las palabras

concretas son procesadas con mayor rapidez y precisión que las abstractas durante diversas tareas cognitivas. C. James (1975) fue el primero que observó dicho efecto y desde entonces se han realizado diversos estudios que reportan además de las diferencias conductuales otras relacionadas con la actividad neurofisiológica por medio de técnicas de imagen cerebral, como son la Imagen por Resonancia Magnética funcional y la Tomografía por Emisión de Positrones (fMRI y PET, por sus siglas en inglés), o electroencefalográficas como es el caso de los PREs.

Este estudio se vincula directamente con los trabajos que han relacionado el efecto de concreción con PREs y su propósito es corroborar las diferencias conductuales y electrofisiológicas en relación con el grado de imaginabilidad del significado de las palabras concretas y de las abstractas. Pero incluye la novedad de una modalidad distinta de tarea de juicio semántico que busca reflejar de manera más clara y directa las diferencias conductuales y electrofisiológicas atribuidas a la concreción.

1 DESARROLLO HISTÓRICO DEL PROBLEMA

La capacidad para representarse el ambiente a través de conceptos y para comunicarse entre sí por medio del lenguaje constituye un rasgo peculiar de la especie humana. Las palabras y los conceptos que éstas designan permiten a los humanos adaptarse a su entorno de una forma más sofisticada y proactiva que las otras especies animales. Los conceptos comúnmente son entendidos como una forma especial de representación distinta de las imágenes y de la percepción, cuya característica fundamental es el aspecto abstracto de su contenido. Por su carácter abstracto los conceptos pueden referirse a uno o varios objetos a la vez en función de alguna característica común o de sus relaciones, formando así representaciones de clases, categorías y sistemas.

En cuanto a la formación y propiedades de los conceptos pueden mencionarse tres enfoques fundamentales que tienen su origen en la filosofía antigua, continúan de manera renovada en la modernidad y dejan ver su influencia en la psicología. El primero de los enfoques considera que los conceptos son innatos, están en una especie de memoria mental antes de la experiencia y se refieren a entidades inmatriciales (Platón, traducido en 2000); el segundo enfoque afirma que los conceptos proceden de la experiencia por medio de la abstracción que opera la mente y se refieren a cosas físicas algunos y otros a entidades metafísicas (Aristóteles, traducido en 2000); el tercero y último enfoque, cuyo representante más antiguo es Demócrito, sostiene que los conceptos provienen de las sensaciones, se mantienen dentro de los límites de la experiencia, no requieren de la operación de ninguna entidad inmaterial distinta de las operaciones corporales y se refieren únicamente a cosas físicas (Kirk & Raven, 1981).

En la modernidad Descartes fue el primero y más destacado de los filósofos que propuso la existencia de dos sustancias independientes pero de alguna manera relacionadas en el hombre: la *res cogitans* (sustancia pensante) y la *res extensa* (sustancia material); con ello instauró el dualismo alma-cuerpo, que posteriormente vino a ser la base del dualismo psicológico mente-cerebro. El dualismo cartesiano planteó dos cuestiones radicales: cómo es que el conocimiento obtenido por la razón puede referirse a la experiencia y, en

definitiva, cómo es que el alma puede comunicarse con el cuerpo (Descartes, 1641/1999). El problema de la comunicación de las sustancias condujo a una disyuntiva radical: ¿el alma se reduce o no al cuerpo?, que en su versión psicológica moderna se traduce en el problema mente-cerebro: ¿es acaso la mente reductible al cerebro?

Por otra parte, El empirismo británico encabezado por John Locke, quien fue contemporáneo de Descartes y el primero, por ende, en tener contacto con la filosofía cartesiana, no aceptaba la existencia de una fuente de conocimiento distinta de la experiencia, negaba la existencia de ideas innatas y proponía en su lugar que todas las ideas derivan de las sensaciones. Éstas, según Locke, están al inicio de cualquier conocimiento y constituyen además los linderos de los conceptos más allá de los cuales “la mente, por muchos esfuerzos que haga, no es capaz de avanzar un ápice” (Locke, 1690/1963, p. 113)

No obstante las diferencias entre el racionalismo cartesiano y el empirismo británico encabezado por Locke, ambas posturas se mantuvieron de algún modo vinculadas a los dos enfoques metafísicos de la filosofía antigua: el platonismo y el aristotelismo, respectivamente. Por otra parte, el asociacionismo británico, heredero inmediato de los principios teóricos del empirismo moderno, se decantó definitivamente por una posición netamente materialista más próxima al legado antiguo de Demócrito que a la tradición metafísica que privó durante toda la edad media y parte de la modernidad.

Por lo tanto, el problema de la comunicación de las sustancias tuvo una importancia decisiva para el futuro de la filosofía y de la psicología, dado que la disyuntiva derivada del dualismo cartesiano terminó por resolverse definitivamente a favor de los principios empiristas más radicales, mismos que constituyen la piedra angular de la psicología experimental cuya premisa fundamental en su versión más actual es que la mente se reduce al cerebro.

La psicología experimental tiene como antecedentes primordiales el empirismo británico y el asociacionismo derivado de éste (Gescheider, 1997), pero su nacimiento propiamente suele asociarse con el trabajo de Fechner (1801-1887). Boring (1978) señala que Fechner

fue uno de los primeros que llevó a cabo la cuantificación estricta de procesos cognitivos relacionados con la sensación, introduciendo así en la psicología el método experimental con el rigor que exigía la ciencia moderna. La obra principal en la cual Fechner fundamenta los principios de la nueva psicología lleva por título *Elemente der Psychophysik* (Elementos de Psicofísica), publicada en 1860, catorce años antes de que Wundt publicara su *Grundzüge physiologischen Psychologie* (Fundamentos fisiológicos de la psicología) en 1874, que también forma parte de los pilares de la psicología experimental. La obra *Elemente der Psychophysik*, que establecía las bases filosóficas de la nueva psicología experimental, pronto cobró gran influencia dentro del círculo de científicos contemporáneos a Fechner.

Por otra parte, Boring (1978) afirma que en Gran Bretaña durante los quince últimos años del siglo XIX no tuvieron lugar muchas investigaciones en psicología experimental humana no obstante que en Alemania ya había comenzado la investigación psicológica experimental. Incluso, continúa diciendo el mismo autor, el influjo de la psicología experimental llegó primero a Estados Unidos que a Gran Bretaña donde la psicología permaneció siendo filosófica largo tiempo en manos de Ward y Stout hasta después de la Primera Guerra mundial y con el respaldo económico de la industria. Sin embargo, aunque la psicología experimental surgió en Alemania antes que en Estados Unidos, fue este país el primero en hacer progresos importantes en psicología aplicada.

En Estados Unidos, el desarrollo de la nueva psicología corrió por cuenta principalmente de William James, quien en su obra *Principles of Psychology* (Principios de Psicología), publicada en 1890, sintetiza y critica los fundamentos filosóficos de la psicología experimental gestada en Alemania y las investigaciones experimentales realizadas hasta entonces. James objeta la utilidad teórica del concepto de alma para explicar las operaciones mentales y la conducta humana; alega que es un concepto derivado del substancialismo de Platón y de Aristóteles que encubre el hecho desnudo de que realmente lo único que observamos es que “cuando el cerebro obra, ocurre un pensamiento” (James, 1890/1994, p. 274), es decir, que todas las operaciones humanas, incluso aquellas que se

consideran superiores, están necesariamente asociadas con procesos cerebrales, y son estas relaciones las que concierne a la psicología dilucidar.

El estudio de la relación entre el cerebro y la conducta o bien de los substratos neurofisiológicos de la conducta humana, es llevado a cabo actualmente por la Neuropsicología (Rains, 2004; Kolb & Whishaw, 1986; Tranel & Damasio, 2000), la Psicofisiología (Carretié-Arangüena, 2001; Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2000) y la Neurociencia (Kandel, 2001). En realidad las tres disciplinas antes mencionadas suelen distinguirse más por sus métodos e instrumentos de investigación que por el objeto material de su estudio, pues todas ellas estudian la conducta humana en relación con la actividad cerebral. La Psicofisiología se sirve siempre de señales somáticas, a saber, tasa cardiaca, temperatura de los dedos, actividad eléctrica cerebral, entre otras; en cambio, la Neuropsicología aplica el enfoque psicométrico, recurre en ocasiones a técnicas invasivas y su población suele estar compuesta de pacientes con trastornos neurológicos en los que estudia primordialmente variables de carácter cognitivo; por último, la Neurociencia es una disciplina más amplia que no obstante su relación con la conducta humana estudia además el sistema nervioso de manera aislada descendiendo a detalles neurofisiológicos, neuroanatómicos y neuroquímicos.

Por su parte, la Neurociencia se forjó a lo largo del último siglo gracias a la convergencia de la psicología experimental, la anatomía, la embriología, la fisiología y la farmacología; su principio fundamental es que "toda conducta es el resultado de la acción cerebral", de lo que se siguen dos cosas: 1) "lo que conocemos comúnmente como *mente* es un conjunto de operaciones que el cerebro lleva a cabo" y 2) "las acciones del cerebro no sólo son el sustrato de conductas motoras (...) como caminar o comer, sino de todas las acciones cognitivas que consideramos la quintaesencia de lo humano, como pensar, hablar o crear obras de arte" (Kandel, 2001, p. 5).

Particularmente, Kandel (2001b) considera la Neurociencia cognitiva como un apartado especial de la Neurociencia que se dedica al estudio de las relaciones entre la cognición y el cerebro; este apartado suele incluir las siguientes grandes áreas de estudio: percepción,

acción, emoción, lenguaje y memoria. Además, se apoya en algunos avances técnicos y conceptuales principales entre los que destacan el estudio de la actividad de células aisladas en cerebros intactos durante comportamientos particulares y bajo condiciones controladas, estudios celulares en monos, los desarrollos logrados en el campo de la neuropsicología, la aplicación de las nuevas técnicas de imagen cerebral, de la magnetoencefalografía y la electroencefalografía y, por último, el recurso a modelos informáticos que representan artificialmente la actividad de grandes poblaciones neuronales en relación con conductas determinadas.

El mismo autor señala que en los albores de la Neurociencia se propusieron dos teorías mutuamente excluyentes respecto de cómo podía explicarse el comportamiento humano a partir del estudio de la localización de las funciones mentales en el cerebro; la primera teoría denominada frenología fue propuesta por el anatomista y médico alemán Franz Joseph Gall y sostiene que cada función específica depende de la actividad de regiones corticales bien delimitadas y aisladas de otras, es decir, que el cerebro no actúa como un órgano único, sino que se encuentra dividido en tantos módulos independientes como funciones psicológicas existen. A la frenología se opuso la teoría del campo global de Pierre Flourens, quien refutó empíricamente las propuestas de aquella y sostuvo que el cerebro no está dividido en regiones o módulos encargados de funciones específicas, sino que todas las regiones del cerebro participan en todas y cada una de las operaciones mentales.

El debate entre ambas posiciones continuó largo tiempo por parte de diversos autores que abonaban pruebas en un sentido u otro, hasta que Hughlings Jackson, según Kolb y Whishaw (1986), logró conciliar las diferencias entre ambas posturas teóricas con su concepto jerárquico de la función cerebral. Según la concepción jerárquica funcional de Jackson, explican los autores antes mencionados, el sistema nervioso está organizado en numerosas capas ordenadas según una jerarquía funcional, de modo tal que los niveles superiores controlan aspectos complejos del comportamiento a través de los niveles inferiores. Esto implica que las funciones mentales no tienen un correlato cerebral restringido a una única región cortical, sino que los diversos aspectos de una misma función

se encuentran distribuidos en distintas partes del cerebro, contribuyendo cada cual de una manera especial.

Además, Kandel (2001) considera que la idea original de Jackson fue perfeccionada por la contribución de la teoría del conexionismo celular consolidada en gran medida por las aportaciones del fisiólogo inglés Charles Sherrington, el neurólogo alemán Karl Wernicke y el histólogo español Santiago Ramón y Cajal. La teoría del conexionismo celular afirma que las neuronas individuales son las unidades funcionales del cerebro y se encuentran generalmente dispuestas en grupos funcionales que se conectan entre sí de forma precisa.

Actualmente la teoría del procesamiento modular representa la explicación más acorde con la evidencia empírica recabada hasta la fecha. Esta teoría integra la idea de la organización jerárquica funcional del cerebro, del conexionismo celular y del procesamiento en paralelo y propone, siguiendo al autor señalado arriba, que todas las capacidades cognitivas son el resultado de múltiples mecanismos de procesamiento que se encuentran distribuidos tanto en serie como en paralelo a lo largo de la corteza cerebral formando complejos centros de procesamiento. La teoría de los sistemas repartidos mencionada por Barker y Barasi (2002) coincide en lo fundamental con la teoría del procesamiento modular, pues sostiene que el cerebro está formado por varios sistemas que se encuentran ampliamente conectados entre sí, de tal forma que una de las propiedades básicas de la función cerebral es la interacción dinámica de la actividad neural dentro de cada sistema y entre los distintos sistemas.

Desde la perspectiva de la teoría del procesamiento modular la formación del concepto, la naturaleza de la representación conceptual y de la mediación lingüística se comprenden como funciones que integran diversos aspectos cognitivos previos y en cierta forma inferiores, tales como son la sensación y la percepción. Así pues, partiendo de que “un principio general del procesamiento de la información en el cerebro es que se realiza de forma jerárquica” (Amaral, 2001, p. 338), todos los elementos antes mencionados se pueden concebir como una unidad cognitiva constituida por el continuo sensación-percepción-concepto-lenguaje.

2 DE LA SENSACIÓN AL SIGNIFICADO

2.1 Sensación y Percepción

La percepción se encuentra ineludiblemente vinculada con la sensación, a este respecto William James dice:

Las palabras sensación y percepción no tienen en el habla popular significados definitivamente diferenciados, y en Psicología sus significados se entremezclan. Los dos nombran procesos en los cuales conocemos un mundo objetivo; ambos (en condiciones normales) necesitan del estímulo de nervios de entrada antes de que puedan ocurrir; la percepción siempre entraña la sensación como una porción de sí misma; y a su vez, la sensación nunca tiene lugar en la vida adulta sin la presencia de la percepción (James, 1890/1994, p. 557).

El juicio de James es tan acertado que todavía hasta la fecha se acepta que la sensación y la percepción se abordan mejor desde un enfoque integrador, según el cual la sensación y la percepción son dos procesos unificados e inseparables (Schiffman, 2004). Sin embargo, en condiciones controladas de laboratorio es posible suscitar sensaciones aisladas, de modo tal que actualmente ya se tienen identificadas las regiones corticales encargadas del procesamiento sensorial primario.

Schiffman (2004) indica que la sensación surge del contacto inicial de un organismo con su ambiente y se refiere, por ende, a los procesos de detección y codificación de la energía ambiental. Estos procesos se llevan a cabo a través de la transformación de los estímulos ambientales en señales eléctricas (potenciales de acción) por parte de los receptores sensitivos de cada uno de los sistemas sensoriales; este proceso, denominado transducción sensorial, hace posible la transmisión nerviosa de los estímulos físicos a la corteza cerebral para su procesamiento nervioso (Barker & Barasi, 2002). Así pues, las sensaciones son experiencias inmediatas, fundamentales y directas que se relacionan con la conciencia sobre las cualidades y atributos del ambiente.

La Psicofísica es el estudio científico de la relación entre los estímulos y las sensaciones. Los psicofísicos generalmente están de acuerdo en que las sensaciones pueden diferir al menos en cuatro dimensiones básicas, a saber: intensidad, cualidad, extensión y duración. La *intensidad* indica la magnitud de la sensación, depende de la frecuencia de los potenciales de acción de las neuronas sensitivas activadas por un estímulo y es directamente proporcional a la intensidad del estímulo. La *cualidad* se refiere a la modalidad sensitiva (visual, auditiva, táctil, olfativa o gustativa), misma que depende del tipo de energía que constituye al estímulo (mecánica, química, térmica o electromagnética). La *extensión* es una dimensión que depende de la distribución de los receptores sensoriales y se refiere a la variación de tres aspectos espaciales de los estímulos físicos: tamaño, ubicación y resolución. La *duración* se refiere al tiempo que permanece la sensación y es directamente proporcional al tiempo durante el cual se mantienen activados los receptores sensoriales ante la presencia de un estímulo adecuado (Gardner & Martin, 2001; Gescheider, 1997).

La percepción es el acto por medio del cual múltiples sensaciones son comprendidas en la unidad de un objeto. Kandel (2001b) afirma que la percepción es un proceso constructivo que depende de la información inherente a un estímulo y de la estructura mental de quien percibe, cuyo sustrato biológico consiste en diversos conjuntos de neuronas conectadas entre sí de forma precisa y ordenada según un plan general que no varía mucho de unos individuos normales a otros. Por lo tanto, siguiendo a este autor, en la corteza cerebral las áreas de procesamiento unimodal que reciben señales provenientes de las distintas modalidades sensoriales se comunican por medio de vías intracorticales específicas con las áreas de asociación multimodales que son las encargadas de seleccionar y combinar las sensaciones en una percepción aparentemente única.

El sistema visual y el somatosensorial son claros ejemplos del procesamiento distribuido en serie y en paralelo. Los principios estructurales y funcionales de ambos sistemas aplican igualmente a los sistemas sensoriales restantes. Sin embargo, las semejanzas entre el sistema visual y el somatosensorial permitieron identificar los principios generales que rigen la transformación de la información sensitiva en el cerebro así como también la

organización y funcionamiento de la corteza cerebral (Wurtz & Kandel, 2001). Incluso, la comprensión del sistema visual particularmente puede ser tomada como modelo para el estudio del funcionamiento del sistema nervioso en relación con otros campos cognitivos (Rains, 2007).

2.2 El Sistema Visual

En los humanos la visión es el sistema sensorial más complejo, desarrollado e importante de todos, puesto que gran parte de la percepción del medio ambiente accede a través de los ojos. El órgano receptor del sistema visual es el ojo. La retina es la parte de este órgano que contiene los fotorreceptores encargados de la transducción de la luz en impulso eléctrico. La retina es una lámina receptora e integradora que constituye una extensión externa del encéfalo al cual se conecta a través del nervio óptico. Los conos son los responsables de la visión diurna (fotópica), también conocida como visión de color, mientras que los bastones lo son de la visión escotópica o en la penumbra (Afifi & Bergman, 2003). El primer relevo nervioso de la señal luminosa corre por cuenta de las células ganglionares X e Y principalmente (Barker y Barasi, 2002).

El nervio óptico transmite la información visual desde las células ganglionares hasta la corteza visual primaria (V1, AB 17) a través del núcleo geniculado lateral del tálamo por medio de los canales P y M (Barker y Barasi, 2002). La proyección a V1 conserva la organización retinotópica, lo cual permite que se conserve la codificación inicial de diversos aspectos que acompañan a los estímulos visuales, tales como son el color, la forma y el movimiento (Wurtz & Kandel, 2001).

La organización retinotópica persiste más allá de la corteza estriada en virtud de que los canales P y M se proyectan, partiendo de neuronas en distintas zonas de V1, hacia diferentes regiones de V2, cada una de las cuales, a su vez, conecta con diversas regiones de la corteza extraestriada encargadas de procesar aspectos especiales de los estímulos visuales como son la forma, el color y el movimiento. V4 recibe aferencias de la vía P y

procesa información relativa a la forma y el color, la vía M se proyecta en V5 que se encarga de procesar el movimiento y, por último, V3 procesa la forma en movimiento (Zeki, 2001).

La formación de la imagen visual implica un problema que ha sido denominado ‘problema de la asociación’ cuya pregunta fundamental es: “¿cómo se reúnen los diversos aspectos de la entrada visual que son procesados en diferentes áreas corticales para producir la representación visual integrada que se experimenta como mundo visual?” (Rains, 2004, p. 119), una primera solución proviene de la hipótesis del área maestra, según la cual todas las áreas de procesamiento visual especializado se proyectan a una zona cortical donde tiene lugar la integración.

Según el autor arriba mencionado, la hipótesis del área maestra plantea dificultades teóricas y empíricas. Teóricamente la suposición de un área maestra implica ineludiblemente la existencia de hipotéticas células abuela para evitar un *regressus ad infinitum*, pues sin las células abuela el área maestra implicaría otra zona maestra que la regulara a ella y ésta a su vez a otra, y así indefinidamente. Ahora bien, se supone que las células abuelas son neuronas sumamente especializadas que sólo disparan ante estímulos altamente específicos y por lo tanto plantean una dificultad de economía pues es difícil pensar que pueda existir un número suficiente de neuronas para representar todas las imágenes visuales en todas sus posibles orientaciones e iluminaciones.

Empíricamente, la hipótesis del área maestra se enfrenta a dos dificultades. Por una parte, la evidencia experimental de la existencia de zonas corticales especializadas para el procesamiento de imágenes específicas se limita hasta ahora a cierta clase de estímulos de especial relevancia para la supervivencia: por ejemplo, se ha observado que cerca del 10% de la corteza temporal inferior en monos se activa selectivamente ante la percepción de manos o rostros y existen diversos estudios con humanos que sugieren que las categorías de cosas vivas y artefactos se encuentran representadas especialmente en la corteza (Zannino, Perri, Pasqualetti, Caltagirone & Carlesimo, 2006; Ventura & Morais, 2006) Sin embargo la representación de una clase limitada de estímulos parece responder sobre todo a

fines adaptativos muy específicos, pero no existe todavía evidencia suficiente de que reflejen un mecanismo general de codificación para los estímulos visuales.

Por otra parte, no existe tampoco evidencia anatómica alguna de que las áreas visuales especializadas converjan todas sobre un área única. En cambio, como señala Zeki (2001), se observa que V4 inerva principalmente zonas de la corteza inferotemporal y V5 de la corteza parietal, aunque tanto V4 como V5 envían proyecciones hacia ambas regiones corticales.

Por último, según Rains (2004) la hipótesis de las conexiones recurrentes constituye una solución alternativa al problema de la asociación más plausible que la hipótesis del área maestra, ya que encuentra sustento en evidencia anatómica. Esta hipótesis supone la existencia de vías de retorno a V2 y V1 desde V3, V4 y V5, que serían más difusas que las vías directas de entrada que van del área estriada a la zona extraestriada de la corteza visual. Las conexiones recurrentes permitirían la integración del procesamiento especializado de la forma, el color y de la forma en movimiento.

2.3 La Imaginación

La imaginación al igual que la percepción puede relacionarse con más de una entrada sensorial y la información que viene de diferentes canales sensoriales está a menudo integrada en una única representación mental, sin embargo, la literatura más reciente se concentra en el estudio de las imágenes visuales (Belardinelli, Matteo, Gratta, Nicola, Ferreti, Tartaro, Bonomo & Romani, 2004).

La imagen visual es el resultado final de la asociación de todos los elementos discretos que son captados a partir de los estímulos visuales y por tanto constituye el objeto de la percepción visual. Kosslyn, Ganis y Thompson, (2001) explican que la percepción visual se distingue de la imaginación visual (cuyo objeto es la imagen mental) en cuanto que esta última ocurre cuando se ingresa a la información perceptual a través de la memoria y en

ausencia de una entrada sensorial, mientras que la percepción visual sucede sólo cuando la información se registra directamente desde los sentidos. Además, según estos mismos autores, las imágenes mentales no necesariamente resultan del recuerdo de objetos o eventos percibidos previamente, sino que también pueden surgir por un proceso creativo que combina y modifica la información perceptual de maneras nuevas.

Kosslyn (2005) menciona que existen dos posiciones teóricas principales que debaten acerca de la naturaleza de la imaginación visual. La primera de ellas tiene como representante a Pylyshyn y considera que las representaciones que subyacen a la experiencia de la imaginación visual son del mismo tipo que las utilizadas en el lenguaje. La segunda, de la cual es partidario Kosslyn, sostiene que las representaciones que están en la base de la imaginación visual sirven para retratar los objetos y no para describirlos como hace el lenguaje; por tanto, según esta posición teórica la corteza visual temprana juega un papel importante tanto en la percepción visual como en la imaginación visual.

Diversos estudios reportan que durante la imaginación visual se presenta actividad en regiones corticales encargadas del procesamiento de la información visual (Kosslyn, 2005). Particularmente, Klein, Paradis, Poline, Kosslyn y Bihan (2000) encontraron que la corteza calcarina, dentro de la cual se encuentra el área visual primaria, se activó transitoriamente durante la imaginación visual de características concretas de ciertos objetos (p. ej. animales) a partir de palabras presentadas auditivamente, mientras los participantes mantenían los ojos cerrados dentro de una habitación oscura.

Por su parte, Pylyshyn (2003) designa con el nombre de '*pictures theories*' a todas las teorías acerca de la imaginación mental que consideran la imagen visual mental como una representación que implica un formato especial de pensamiento, a saber, uno de naturaleza visual. Pylyshyn critica de los partidarios de aquéllas teorías el hecho de que concluyan que la imaginación y la visión son muy similares a partir de los estudios que han reportado activación en zonas de procesamiento visual primario durante la imaginación mental, porque, según él, omiten las claras diferencias que existen entre las imágenes retinotópico-corticales y las imágenes mentales propiamente dichas, a saber: las imágenes visuales

perceptuales están limitadas por la organización retinotópica mientras que las imágenes visuales mentales no lo están.

Por lo tanto, según Farah (2000), Pylyshyn y sus seguidores objetan la posición de las *pictures theories* porque consideran que la activación de la corteza visual durante la imaginación mental expresa solamente un epifenómeno, es decir, algo que ocasionalmente acompaña a la imaginación visual pero que no mantiene una relación funcional con ella. Por el contrario, esta autora sostiene que la conclusión más parsimoniosa a partir de los datos aportados por las investigaciones acerca de la imaginación mental es que ésta es una función de las representaciones visuales corticales.

La misma autora afirma que la generación de una imagen mental se puede pensar como la puesta en marcha de un proceso de percepción retrógrado. Ella explica este proceso diciendo que en la percepción las representaciones formateadas retinotópicamente activan una secuencia de representaciones más centrales, que culminan en representaciones parietales e inferotemporales no retinotópicas que resultan relativamente más abstractas que las representaciones visuales originales. En cambio, durante la imaginación aquellas representaciones parietales e inferotemporales no retinotópicas activan las representaciones visuales retinotópicas en la corteza visual primaria. Así, pues, durante la imaginación la información visual fluye en un sentido que los psicólogos llaman '*top-down*' (de centros superiores a inferiores) mientras que durante la percepción la información fluye en un sentido denominado '*bottom-up*' (de centros inferiores a superiores).

El mecanismo de percepción retrógrado explicaría porque las imágenes visuales mentales no se limitan como las imágenes visuales perceptuales a las propiedades espaciales relativas al campo visual ni a la organización impuesta por la presencia concomitante de los objetos, lo cual hace posible la representación libre de los objetos visuales desde múltiples aspectos y combinando o modificando su propiedades voluntariamente.

No obstante que el debate acerca de la naturaleza de la imaginación se concentra sobre todo en las imágenes visuales mentales los lineamientos de la teoría de la imaginación mental se

pueden extender al estudio de la imaginación en general en relación con todas las modalidades sensitivas y con la unidad del objeto de la percepción, pues aunque la visión y la imaginación visual tienen un rol predominante en la constitución de la imagen mental, todas las sensaciones contribuyen con algo para completar la representación final de las cosas que impresionan nuestros sentidos; al final de cuentas la mayoría de nuestras imágenes van acompañadas de texturas, olores, sabores, sonidos y movimiento.

En relación con lo anterior Belardinelli y colaboradores (2004) se propusieron estudiar la naturaleza de la imaginación mental a través del estudio de los procesos imaginativos que descansan en un conjunto más amplio de experiencias perceptuales y que incluyen, por ende, además de la experiencia visual, la auditiva, la olfativa, la gustativa y la táctil; sus resultados mostraron que la corteza temporal inferior y la corteza parietal en ambos hemisferios presentaron actividad significativa durante la imaginación proveniente de todas las modalidades sensoriales.

2.4 Concepto y Lenguaje

A través de los conceptos las imágenes son pensadas, es decir, categorizadas y puestas en relación mutua, a su vez el pensamiento no se realiza sino a través de las imágenes. Zeki (1999) afirma que la abstracción designa el proceso por medio del cual se forman los conceptos y constituye una capacidad distintivamente humana relacionada con otro rasgo peculiar de la humanidad, a saber, el lenguaje. Él señala, además, que neurológicamente el término abstracción se usa para designar la capacidad que tiene el cerebro de encontrar una propiedad o relación común a muchas cosas particulares. El mismo autor explica que la capacidad de abstraer probablemente fue impuesta al cerebro por las limitaciones de su sistema de memoria ya que no es capaz de recordar todos los detalles de los objetos particulares. Por lo tanto, este autor concluye que la abstracción representa un paso crítico en la adquisición eficiente del conocimiento, ya que sin ella el cerebro se limitaría a las cosas particulares, con las restricciones adaptativas y de interacción con el ambiente que

esto supondría. Sin embargo, los procesos neurales que subyacen a la abstracción aún no se conocen con claridad.

Según Forgas (1973, p. 338) “la formación de conceptos es el proceso que eslabona la percepción, el aprendizaje y el pensamiento”. La percepción hace posible la interpretación de la información captada sensorialmente, por el aprendizaje se logra generalizar una o varias características comunes a muchos objetos lo que permite abstraer una propiedad común o esencial, con lo cual se consigue finalmente formar una clase o categoría. El pensamiento se vale de los dos procesos anteriores para conseguir una mejor adaptación al ambiente. Por lo tanto, la conceptualización así entendida está regida por fines biológicos, pues tiene la función primordial de reducir el número posible de respuestas a estímulos determinados, disminución que facilita la manipulación de la conducta con fines adaptativos.

El concepto es un tipo de representación que como cualquier otro tipo de función mental tiene un sustrato neurobiológico imprescindible. El término representación está de moda actualmente, pero bien podrían usarse en su lugar los términos idea, pensamiento o concepto, finalmente en el contexto neurocientífico con todas esas palabras se hace referencia a lo mismo, a saber, a la respuesta del cerebro ante los estímulos externos e internos (Churchland, 2002).

Respecto de la relación entre el lenguaje y los conceptos, Gallese (2003) no está de acuerdo con la perspectiva de la ciencia cognitiva clásica, según la cual los conceptos son de naturaleza simbólica en cuanto que están siempre representados de manera arbitraria por medio de algún tipo de lenguaje, lo que implica el hecho de que en ausencia de la capacidad lingüística tampoco puede presentarse conocimiento conceptual alguno, como si los conceptos no constituyeran una forma representacional distinta del lenguaje. En cambio, este autor considera que los conceptos constituyen una clase particular de contenido representacional que puede ser concebido como la expresión de un modelo coherente del mundo interno que simboliza el entorno de un modo provisto de sentido.

Así, pues, de acuerdo con el autor mencionado arriba, los conceptos tienen una función simbólica que no estriba principalmente en el hecho de que estén mediados lingüísticamente por las palabras, cuya asociación con los objetos es convencional y no por naturaleza, sino más bien en el hecho de que constituyen estados neurales que representan las cosas y los eventos dentro de un contexto más general que responde a características del organismo humano determinadas biológicamente y dirigidas por necesidades adaptativas. De esta manera, los conceptos vinculan el conocimiento con la acción dirigida a metas, lo cual es una característica del pensamiento.

El autor citado, hace notar que la explicación neurocientífica del contenido conceptual se enfrenta a la dificultad de explicar cómo los patrones localizados de activación de diferentes redes corticales permiten conceptualizar los objetos, eventos o estados que acontecen en el mundo real. Según este autor, la Neurociencia asume actualmente este reto aproximándose al problema desde el aspecto de la representación neural de los rasgos de los conceptos. A su vez, dice él, tiene también la tarea fundamental de investigar el principio general que rige la topología neural de la representación de los rasgos de los conceptos, es decir, la ubicación y dinámica de todas las redes corticales específicas, involucradas en la generación y representación de los conceptos, bajo el supuesto de que por motivos de economía no es factible pensar seriamente que en el cerebro exista un mapa que represente uno a uno cada categoría conceptual.

En relación con el problema acerca del principio general que rige la topología de los conceptos el mismo autor señala que se han propuesto al menos cuatro hipótesis principales que no son de manera necesaria mutuamente excluyentes, a saber: 1) *La hipótesis de módulos de categoría específica*: supone la existencia de módulos corticales distintos y especializados, si no para todas las categorías, al menos para algunas que resultan especialmente importantes para la supervivencia; 2) *la hipótesis de la característica modelo*: los objetos que pertenecen a la misma categoría conceptual comparten muchos rasgos característicos que tienden a ser representados en las mismas regiones corticales, mismas que se organizan en columnas a semejanza de lo que sucede en la corteza visual; 3) *La hipótesis de la representación masivamente distribuida*: de acuerdo con esta hipótesis,

la interpretación correcta de la evidencia empírica existente sugiere que las categorías de los objetos están distribuidas ampliamente a lo largo de toda la corteza visual; 4) *La hipótesis de la pericia*: las limitaciones locales no están relacionadas con los rasgos intrínsecos de los objetos, sino en gran medida con la pericia del que percibe. Efectivamente, se ha mostrado que los objetos novedosos que no constituyen rostros pueden activar sitios corticales relacionados con la percepción de los rostros, con tal de que quien percibe llegue a acostumbrarse a ellos.

De cualquier modo que sea el sistema que subyace a la representación de los conceptos y de los hechos se denomina *memoria semántica*. La memoria semántica forma parte de la memoria declarativa (aquella que es explícita, consciente e intencional) y consiste en un almacén de información acerca de los rasgos y atributos que definen a los conceptos. El término ‘memoria semántica’ relaciona la representación neural de los conceptos con un tipo especial de memoria a largo plazo que cuenta con las características adecuadas para explicar el carácter abstracto de los conceptos, es decir, su independencia de las circunstancias y aspectos particulares relativos a la experiencia personal que acompañan a la percepción de los objetos o los eventos, lo cual es propio de la memoria episódica (Gumá-Díaz, 2001; Martin & Chao, 2001).

El lenguaje ha surgido y persistido porque sirve como un medio sumamente eficiente de comunicación que implica el uso de las palabras y la habilidad para combinarlas en oraciones para expresar conceptos. Damasio y Damasio (2001) consideran que el lenguaje es un proceso cerebral que se lleva a cabo por medio de tres conjuntos de estructuras que interactúan entre sí. El primer conjunto está constituido por muchos sistemas neurales localizados en ambos hemisferios cerebrales, mediados por los sistemas sensorial y motor, que representan las interacciones no lingüísticas entre el cuerpo y el medio ambiente, es decir, cualquier cosa que las personas hacen, perciben, piensan o sienten mientras actúan en el mundo. El segundo, por un número más pequeño de sistemas neurales, generalmente ubicados en el hemisferio izquierdo, que representan los fonemas, la combinación de fonemas y las reglas sintácticas para combinar las palabras; este sistema tiene la función de reunir las formas de las palabras y generar las oraciones para ser habladas o escritas una vez

que son activadas desde el interior del cerebro, por otra parte cuando son activadas desde el exterior por el habla o por un texto, realizan el procesamiento inicial de los signos lingüísticos visuales y auditivos. Por último, un tercer conjunto de estructuras, también localizadas ampliamente en el hemisferio izquierdo, cumple una función mediadora entre las dos estructuras anteriores de tal manera que puede estimular la producción de las palabras a partir de la representación de un concepto o bien suscitar la representación conceptual correspondiente a una palabra.

El sistema que subyace al repertorio lingüístico suele denominarse *lexicón mental*. Éste al igual que la memoria semántica, forma parte de la memoria declarativa sólo que a diferencia de aquélla es considerado como el almacén que contiene toda la información necesaria para el reconocimiento eficiente del lenguaje en humanos o bien como el depósito de la información relativa a las palabras, las frases y las oraciones (Ullman, 2001; Eulitz & Lahiri, 2004). Así pues, el lexicón mental es usualmente considerado como una especie de diccionario mental formado por el almacén de las palabras en la memoria a largo plazo a partir del cual se construyen gramaticalmente frases y oraciones. Por su parte Elman (2004) propone una visión alternativa del lexicón mental que se vale del modelo conexionista denominado *Simple Recurrent Network* (Redes Recurrentes Simples) para explicar cómo las palabras más que tener un significado constituyen una entrada al mismo; esto implica tratar a las palabras como estímulos cuyo significado descansa en los efectos causales que tienen sobre los estados mentales.

Pulvermüller (2001) menciona que la organización neurobiológica de las unidades lingüísticas provistas de significado, es decir, las palabras, sigue cuatro principios neurocientíficos: a) proyecciones ordenadas, lo cual significa que las proyecciones aferentes y eferentes de las cortezas primaria sensorial y motora se encuentran respectivamente organizadas de manera topográfica; b) mezcla de información, la información proveniente de las cortezas primaria sensorial y motora se combina en áreas asociativas de la corteza cerebral; c) aprendizaje de la correlación, este principio se fundamenta en el postulado de Hebb, según el cual dos células o sistemas de células que son repetida y simultáneamente activadas tienden a asociarse de tal modo que la actividad de una facilita la de la otra; la

correlación del disparo neuronal de las células conectadas representa la fuerza de la conexión; y d) lateralidad funcional, se refiere a la consabida predominancia lateral del hemisferio izquierdo para las funciones del lenguaje.

Este mismo autor postula que los mecanismos descritos por los principios mencionados arriba se basan en complejas redes que representan al lenguaje en la corteza. Estas redes funcionales complejas que representan a las palabras y aspectos de su significado, son llamadas *Word Webs* (Redes de Palabras). Se supone que estas *Redes de Palabras* incluyen neuronas en las áreas perisilvianas que almacenan la información relativa a la forma de las palabras y además neuronas en áreas corticales más extensas que están críticamente implicadas en el procesamiento de información relativa a percepciones y acciones.

2.5 El Significado

En cierta forma el significado constituye la unidad entre el lenguaje y el pensamiento. El término concepto hace referencia a una representación psicológica no verbal de una clase de objetos. Murphy (2004) afirma que los conceptos integran el conocimiento de las cosas y sus propiedades mientras que el significado denota la relación de las palabras con las cosas a través de los conceptos. Por lo tanto, según este autor, las palabras obtienen su significado en virtud de su conexión con los conceptos.

La concepción de Murphy respecto de la relación entre concepto y significado se encuentra vinculada con el asociacionismo británico, pues de acuerdo con éste, según Rachlin (1976), el significado resulta de la asociación que una persona establece entre una palabra y la presencia real del objeto cuando dicho objeto es nombrado y señalado simultáneamente. Una vez que la asociación entre una palabra y la percepción de un objeto ha sido consolidada, la palabra de manera aislada puede evocar la representación de todas las sensaciones que acompañan a la percepción de un objeto pero en ausencia de éste.

En conformidad con la concepción de Murphy y los principios del asociacionismo británico, pero dentro ya del ámbito de la neurociencia cognitiva, Alcaraz-Romero (2001, p. 267) afirma que el significado es una especie de “asociación compleja establecida entre los actos motores con los que se produce una palabra y un conjunto de respuestas sensoriales”. Según este mismo autor las respuestas sensoriales pueden ser de tres tipos: 1) las que se dan ante estímulos externos, 2) las suscitadas por la activación visceral y 3) las que resultan de la propia actividad motora. Las respuestas sensoriales a los estímulos externos integran el modelo nervioso del estímulo, también llamado imagen; las respuestas sensoriales suscitadas por los estados viscerales componen el aspecto afectivo o valorativo que está ligado a la representación nerviosa interna de los objetos y, por último, las respuestas sensoriales que surgen de la propia actividad motora se refieren a la representación de los movimientos propios en relación con las cosas que conforman nuestro ambiente.

No obstante lo señalado arriba, el mismo autor aclara que el significado de una palabra no sólo está compuesto de los tres tipos de respuestas sensoriales mencionados anteriormente, sino también por definiciones verbales entendidas como una serie de palabras que describen, explican o categorizan un término. Por lo tanto, para este autor, existen tres clases principales de significados: concreto, abstracto y funcional. El significado concreto se encuentra definido por el grupo de respuestas sensoriales que determinan la forma de un objeto, el significado funcional está compuesto por las respuestas motoras evocadas por el objeto y, Finalmente, el significado abstracto está conformado por las definiciones verbales.

Uno de los medios principales de acceso al significado es la lectura. Esta puede verse desde dos perspectivas. En sentido amplio, la lectura consiste en un proceso complejo que comienza con la percepción de las letras y acaba con la articulación de las palabras. La decodificación de un signo escrito para su posterior codificación fonológica que termina en la producción del habla se denomina ‘procesamiento lexical’ (Matute Villaseñor, 2001).

La misma autora señala que el procesamiento lexical normalmente supone el acceso al significado pero no siempre es así, debido a que la forma como se lleva a cabo aquél depende de las características particulares de cada sistema de escritura. Los sistemas de

escritura ideográficos tienen una base lexical porque se fundamentan en la representación del concepto, en cambio los sistemas de escritura alfabéticos tienen una base fonológica pues en estos la representación de los sonidos del lenguaje es el fundamento de la expresión escrita. En el caso de los sistemas de escritura alfabéticos el procesamiento lexical durante la lectura puede realizarse principalmente de dos modos: por una vía sublexical, a través de la conversión grafema-fonema conforme a ciertas reglas conocidas, o bien por una vía lexical a través de la cual las palabras son procesadas como una unidad significativa. Por eso es que los idiomas que cuentan con un sistema de escritura alfabético, como es el caso del español, hacen posible que alguien pueda leer en cuanto que decodifica el mensaje escrito produciendo correctamente la correspondiente salida fonológica aun cuando no lea bien en sentido estricto, es decir, que no comprenda el significado del mensaje escrito.

En sentido estricto, la lectura es considerada como “una modalidad del lenguaje que a través de códigos visuales permite la comprensión de un mensaje verbal escrito” (Avecilla-Ramírez, Silva-Pereyra, Harmony & Sánchez-Moreno, 2003, p. 103). Así pues, según los autores señalados, durante la lectura se lleva a cabo una serie ordenada de eventos que comienza con la percepción visual de las letras, continúa con el reconocimiento de las palabras y concluye con la comprensión del significado de las mismas.

3 CONCRECIÓN Y LATERALIDAD HEMISFÉRICA

Los términos ‘concreción’ (*concreteness*) e ‘imaginabilidad’ (*imageability*) mantienen una estrecha relación, a tal grado que muchas veces se utilizan como sinónimos. Sin embargo, conviene precisar que el término ‘concreción’ se refiere a los rasgos de los objetos o personas que pueden ser sensorialmente experimentados, mientras que la palabra ‘imaginabilidad’ designa la capacidad que tiene una palabra para suscitar una imagen mental (Fliessbach, Weis, Klaver, Elger & Weber, 2006).

El grado de imaginabilidad es el criterio más común para distinguir entre palabras concretas y abstractas. Las palabras que designan conceptos altamente imaginables (p. ej. perro, casa, barco) se consideran concretas, en cambio las palabras que se refieren a conceptos poco imaginables (p. ej. noción, libertad, justicia) se consideran abstractas. Por lo tanto, el par concreto-abstracto hace referencia a los extremos de un continuo cognoscitivo dentro del cual la representación neural de un objeto puede mantener una mayor o menor proximidad con su referente sensorial.

Se han reportado diferencias entre el procesamiento de sustantivos concretos y de abstractos tanto a nivel conductual (James, 1975; Collins & Frew, 2001; Monsalve, A. & Cuetos, F., 2001; Monsalve, A., 2001; Doest & Semin, 2005) como a nivel de la actividad cerebral por medio de fMRI (Kiehl, Liddle, Smith, Mendrek, Forster & Hare, 1999; Fiebach & Friederici, 2003; Binder, Westbury, McKiernan, Possing & Medler, 2005; Sabsevitz, Medler, Seidenberg & Binder, 2005; Fliessbach, Weis, Klaver, Elger & Weber, 2006), PET (Whatmough, Verret, Fung & Chertkow, 2004) y PREs (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb, Anderson, Kounios & West, 1999; West & Holcomb, 2000). También en diversas tareas de comprensión de oraciones se han encontrado diferencias en relación con la concreción (Mellet, Tzourio, Denis & Mazoyer, 1998; Reichle, Carpenter & Just, 2000; Just, Newman, Keller, McKelney & Carpenter, 2004). Incluso algunos estudios de caso con pacientes neurológicos han reportado la existencia de déficits selectivos para las palabras concretas o abstractas (Warrington, 1981; Warrington, McKenna & Orpwood, 1998; Crutch

& Warrington, 2005; Crutch, 2006; Crutch & Warrington, 2006; Crutch, Ridha & Warrington, 2006).

Particularmente, los resultados de los estudios que utilizan técnicas de imagen cerebral y PREs aportan evidencia respecto de la asimetría y lateralidad cerebral del procesamiento semántico en dependencia del grado de imaginabilidad del significado de las palabras. Generalmente, estos estudios parten del supuesto ampliamente aceptado de que el procesamiento de las palabras abstractas corre por cuenta casi exclusivamente del hemisferio izquierdo dado que recurre principalmente al lenguaje, mientras que el procesamiento de las palabras concretas se lleva a cabo en zonas posteriores bilaterales aunque con predominancia del hemisferio derecho, puesto que compromete principalmente a la imaginación. Esta noción está animada en parte por los hallazgos de asimetrías anatómicas entre ambos hemisferios, asimetrías en pacientes neurológicos, particularmente en personas comisurotomizadas (Gazzaniga, M. S., 2001) o que padecen afasia extrasilviana sensorial (Ardila, 2005), así como también por las asimetrías de los sistemas sensoriales visual y auditivo además del sistema motor en cerebro intacto (Kolb & Whishaw, 1986).

Sin embargo, los hallazgos más importantes en relación con la asimetría cerebral en función de la concreción se encuentran articulados en la Teoría de la Codificación Dual (Paivio, 2007) que propone la existencia de dos sistemas representacionales independientes aunque interrelacionados: uno verbal, localizado primordialmente en el hemisferio izquierdo y otro imaginativo, ubicado predominantemente en el hemisferio derecho; a cada uno de estos sistemas se encuentra vinculada la representación de cada tipo de palabra, a saber, la representación del significado abstracto encuentra sustento principalmente en el sistema verbal, mientras que el significado concreto, en el sistema imaginativo.

Por último, en relación con la asimetría cerebral asociada con el procesamiento de las palabras concretas y abstractas es indispensable tener en cuenta tres factores fundamentales que influyen en la asimetría cerebral en general, según Kolb & Whishaw (1986): Primero, los factores ambientales y genéticos así como el hecho de ser zurdo o diestro, segundo, la

lateralidad no es absoluta sino relativa, puesto que ambos hemisferios contribuyen en algo para el desempeño de prácticamente cualquier comportamiento y, tercero, la asimetría cerebral no es una característica únicamente humana, pues actualmente se sabe que otras especies animales cuentan con un cerebro asimétrico funcional y anatómicamente.

Existen diversos estudios con técnicas de imagen cerebral que reportan asimetrías cerebrales en cuanto al procesamiento de las palabras concretas y de las abstractas. En el contexto de una tarea de juicio semántico utilizando fMRI, Sabsevitz y colaboradores (2005) encontraron un efecto de imaginabilidad muy potente cuando compararon la actividad suscitada ante el procesamiento de sustantivos concretos con la actividad asociada durante el procesamiento de sustantivos abstractos. La actividad cerebral fue mayor durante el procesamiento de las palabras concretas en varias regiones cerebrales: corteza parietal posterior, temporal ventral y prefrontal dorsal, en ambos hemisferios. Por el contrario, la activación cerebral durante el procesamiento de las palabras abstractas fue mayor principalmente en regiones temporales y frontales lateralizadas hacia el hemisferio izquierdo.

Binder y colaboradores (2005), también empleando fMRI encontraron un patrón de actividad cerebral semejante durante el procesamiento de sustantivos concretos y de abstractos pero ahora en el contexto de una tarea de decisión léxica. Ante el reconocimiento de sustantivos concretos hubo una fuerte activación bilateral en la circunvolución angular, la circunvolución posterior del cíngulo y el precuneus, igualmente en la corteza prefrontal dorsal izquierda. Por el contrario, durante el reconocimiento de sustantivos abstractos la actividad cerebral fue mayor solamente en regiones del hemisferio izquierdo que incluyen la circunvolución frontal inferior, la corteza premotora y el polo temporal dorsal.

En otra investigación con fMRI en una tarea que requería la memoria de reconocimiento, Fliessbach y colaboradores (2006) reportaron que hubo mayor actividad ante los sustantivos abstractos que ante los concretos en la circunvolución frontal inferior del hemisferio izquierdo, pero no observaron ninguna activación cerebral mayor ante los sustantivos concretos en comparación con los abstractos.

Sin embargo existen algunas investigaciones cuyos resultados no presentan el mismo patrón de lateralidad hemisférica en función de la concreción. Por ejemplo, Whatmough y colaboradores (2004) en un estudio con PET y utilizando una tarea de juicio semántico sólo encontraron diferencias entre los sustantivos concretos y los abstractos en la corteza temporal ventral, pero a diferencia de los estudios anteriores la actividad en esta zona fue mayor en el hemisferio derecho ante sustantivos abstractos, y en el hemisferio izquierdo para los sustantivos concretos. Igualmente, en otro estudio fMRI que utilizó una tarea de decisión léxica, se encontró que el hemisferio derecho estuvo más comprometido en el procesamiento de las palabras abstractas que en el de las concretas (Kiehl et al., 1999). Finalmente, la corteza temporal lateral izquierda ha presentado una activación significativa tanto ante sustantivos concretos como ante abstractos (Whatmough et al. 2004).

4 ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL

Muchas señales fisiológicas del organismo poseen naturaleza bioeléctrica, razón por la cual el nombre que reciben los métodos para captar esas señales son electroencefalografía (EEG), electrocardiografía (ECG), electrooculografía (EOG), actividad electrodérmica (AED) y electromiografía (EMG) (Carretié-Arangüena, 2001), y uno de los principales sistemas fisiológicos de respuesta estudiados por la psicofisiología es el registro de la actividad eléctrica cerebral (Martínez-Selva, 1995). Las neuronas se especializan en la generación y transmisión de impulsos eléctricos producidos por la actividad fisicoquímica que tiene lugar en su interior cuando son estimuladas (Andreassi, 2000).

Davidson, Jackson y Larson (2000) indican que la mayoría de los investigadores está de acuerdo en que el EEG no representa el producto directo de la sumatoria de los potenciales de acción sino la sumatoria de los potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios. Esto es así, explican los mismos autores, porque el tejido neural y el cráneo actúan como filtros pasa bajas, y los campos producidos por las frecuencias altas transitorias asociadas con los potenciales de acción decrecen en proporción directa con la distancia de la fuente, haciendo muy improbable que los potenciales de acción, aun considerando la suma de todos ellos, sean representados en la superficie del cuero cabelludo.

El EEG consiste en variaciones irregulares del potencial eléctrico que pueden detectarse en distintas regiones cerebrales y refleja la diferencia de potencial eléctrico entre dos lugares del cerebro (Martínez-Selva, 1995); la representación analógica de estas variaciones forma una onda cuyas características principales son la frecuencia y la amplitud. Por tanto, es posible pensar que la señal EEG cruda está compuesta de patrones rítmicos sinusoidales que representan la actividad eléctrica del cerebro; a este respecto cabe mencionar una razón más que apoya la validez del registro de la actividad eléctrica cerebral a nivel del cuero cabelludo, a saber, en estudios con animales donde se han comparado registros intracelulares con registros sobre cuero cabelludo se observa una íntima correspondencia de la actividad celular con la onda registrada superficialmente (Davidson, Jackson & Larson, 2000).

Comúnmente la frecuencia y la amplitud son los dos parámetros utilizados para clasificar el EEG, en función de este criterio la actividad EEG suele dividirse en varias bandas de frecuencia y amplitud (Andreassi, 2000). Las bandas de EEG clásicas en adultos son: 1) banda delta, compuesta por ondas de amplitud alta (20 a 200 μV) y baja frecuencia (0.5 a 3.5 Hz); estas ondas suelen aparecer solamente durante sueño profundo en individuos normales; 2) banda theta, integrada por ondas cuya amplitud va de 20 a 100 μV con una frecuencia de 4 a 7 Hz; es el tipo de ritmo cerebral relativamente menos común y aparece más frecuentemente en registros de EEG espontáneos de niños que de adultos; 3) banda alfa, formada por ondas de 20 a 60 μV y 8 a 13 Hz; estas ondas se presentan en la mayoría de los casos durante la vigilia en reposo con los ojos cerrados. 4) banda beta, cuyas ondas irregulares ocurren con una frecuencia de 14 a 30 Hz y tienen una amplitud de 2 a 20 μV ; las ondas beta aparecen comúnmente cuando las personas están ocupadas en actividades mentales o físicas y, por último, 5) banda gamma, compuesta por ondas de muy alta frecuencia (36 a 44 Hz) y una amplitud entre los 3 y 10 μV , que ocurren ante estimulación auditiva o visual (clics o destellos luminosos).

El análisis cuantitativo del EEG, según Guevara Pérez y Hernández González (2006), es un método que se utiliza para relacionar los cambios de la actividad eléctrica cerebral con funciones cognitivas o conductuales en el contexto de muy diversas condiciones experimentales. Este análisis puede hacerse en el dominio de la frecuencia mediante la Transformada Rápida de Fourier y la coherencia o en el dominio del tiempo por medio de la correlación. La Transformada Rápida de Fourier hace posible descomponer la señal de EEG en todos los componentes de frecuencia que la constituyen y calcular la amplitud de cada una de ellas para finalmente agruparlas en bandas de frecuencias particulares. La coherencia y la correlación constituyen procedimientos que brindan información respecto del grado de semejanza entre dos señales EEG y se utilizan para establecer las posibles relaciones funcionales entre distintas zonas cerebrales. La principal diferencia entre la coherencia y la correlación consiste en que la primera no toma en cuenta la polaridad entre las dos señales mientras que la segunda sí lo hace.

Carretié Arangüena (2001) señala los alcances y límites del análisis cuantitativo del EEG diciendo que éste sirve para estudiar el aspecto general de una determinada actividad pero no para estudiar reacciones puntuales del cerebro relacionadas con eventos específicos, dado que el cerebro presenta un ritmo de actividad prácticamente constante tanto durante la vigilia como durante el sueño por lo que la actividad relativamente simultánea de un gran número de neuronas puede ser captada como una especie de ruido más o menos constante que impide discriminar cuál es la relación de la actividad eléctrica cerebral con acontecimientos específicos. De esta manera, explica el mismo autor, el EEG nos permite distinguir entre la vigilia y el sueño; dentro del sueño permite distinguir las distintas etapas que lo componen y dentro de la vigilia hace posible saber si el sujeto está activado o relajado y si está activado, qué área del cerebro lo está más. En definitiva, concluye este autor, el análisis cuantitativo del EEG es idóneo para estudiar variables independientes con efectos de tipo difuso, mientras que para estudiar el efecto de variables de tipo discreto resulta más apropiado el análisis de los Potenciales Relacionados con Eventos.

4.1 Potenciales Relacionados con Eventos (PREs)

Fabiani, Gratton y Coles (2000) señalan que los potenciales relacionados con eventos (PREs) son considerados como manifestaciones de la actividad cerebral que ocurre en preparación o respuesta a eventos discretos que pueden ser internos o externos al sujeto. Conceptualmente se piensa que los PREs reflejan procesos psicológicos específicos. El PRE tiene una amplitud pequeña (unos pocos μV) en comparación con el EEG (cerca de los $50 \mu\text{V}$). Por esta razón, la obtención de los PREs requiere de un procedimiento que facilite la discriminación de la señal relacionada con el evento discreto del ruido proveniente de la señal EEG de base. El procedimiento más común para lograr este propósito consiste en promediar muchas muestras de EEG que se encuentran relacionadas temporalmente con la ocurrencia de un evento particular.

La morfología específica de un PRE está determinada principalmente por la modalidad sensorial correspondiente y por el tipo de situación en la que se encuentra el sujeto o la

acción específica que se le requiere. Por lo tanto el PRE está compuesto por diversas ondas o picos que se encuentran relacionados con los diferentes estadios del procesamiento de la información. A estas ondas o picos se les denomina componentes del PRE. Fabiani y colaboradores (2000) indican que existen dos tipos fundamentales de componentes: exógenos o sensoriales, cuyas características dependen en gran medida de las propiedades físicas de los estímulos tales como su intensidad o su frecuencia, y endógenos o cognitivos, cuyas características están determinadas por la naturaleza de la interacción entre el sujeto y el evento. Estos últimos varían en función de múltiples variables psicológicas y reflejan la actividad cerebral durante el procesamiento tardío de los estímulos sensoriales y pueden suscitarse en ausencia de eventos externos.

Los PREs poseen una resolución temporal alta (del orden de los milisegundos) pero uno de sus mayores inconvenientes es que no proporcionan un conocimiento preciso de los generadores anatómicos responsables de los efectos diferenciales. Con la llegada de los registros multicanal la definición topográfica de los PREs ha mejorado mucho. No obstante, según Altenmüller, Münte y Gerloff (2004), desde la segunda mitad del siglo XIX con los trabajos de Helmholtz se sabe que la identificación de las fuentes actuales de las medidas electromagnéticas superficiales implica dificultades intrínsecas, pues es imposible determinar la configuración espacial de la actividad neural basándose únicamente en los registros EEG, esto es lo que se conoce como el “problema inverso”. Así pues, de acuerdo con los autores antes mencionados, el problema inverso no tiene una solución única y consiste en la dificultad que supone el cálculo de las fuentes intracerebrales de los potenciales medidos desde el cuero cabelludo. Sin embargo, algunas consideraciones neuroanatómicas sugieren que las fuentes de la actividad electromagnética cerebral están localizadas en la materia gris y orientadas ortogonalmente respecto de la superficie cortical.

Otro aspecto importante de los PREs, como hacen ver Fabiani y colaboradores (2000), es su significado funcional. Cuando se utilizan los PREs como una herramienta para investigar las funciones cerebrales es muy importante recurrir a ciertos conocimientos neurofisiológicos. El establecimiento del significado funcional del componente de un PRE implica, según estos autores, el desarrollo de un proceso complejo que involucra los

siguientes pasos: 1) el estudio de componentes antecedentes; los componentes antecedentes se refieren a aquellas manipulaciones experimentales que produjeron variaciones consistentes en cuanto a la amplitud, latencia y distribución del componente de un PRE, 2) la determinación de las consecuencias de la variación en la latencia o amplitud del componente y 3) La especulación acerca de la función psicológica o neurofisiológica que manifiesta el componente de un PRE.

Por último, los autores señalados arriba consideran que la inferencia fundamental que supone toda interpretación del significado funcional de los componentes de un PRE es la siguiente: si los componentes de un PRE difieren en cuanto a su morfología (distribución, polaridad, latencia o amplitud) entonces las condiciones experimentales también difieren entre sí, porque el componente de un PRE es una señal de la actividad cerebral que subyace al proceso psicológico involucrado en la tarea. Las diferencias en cuanto a la polaridad o distribución sugieren que las estructuras cerebrales que subyacen al procesamiento requerido por cada una de las condiciones experimentales son distintas; las diferencias en cuanto a la latencia indican que los procesos que subyacen a cada una de las condiciones acontecen en tiempos diferentes y las diferencias en amplitud expresan que cada una de las condiciones evocan un mismo proceso psicológico en distinto grado.

4.2 Electrofisiología Cognitiva

Según Zani y Proverbio (2003) la electrofisiología cognitiva supone que la cognición se lleva a cabo en el cerebro a través de cambios fisiológicos y por tanto los PREs pueden ser considerados como manifestaciones y no simplemente como correlatos de los procesos que intervienen en el procesamiento de la información. Además los PREs, a diferencia de las técnicas conductuales y de neuroimagen, pueden revelar detalles acerca de la organización funcional del cerebro con una mayor precisión temporal, ya que indican en el orden de los milisegundos el momento en el cual se activan las áreas cerebrales que constituyen la estructura anatómica de los sistemas funcionales que participan en las habilidades cognitivas involucradas en las diversas tareas experimentales.

4.2.1 Componentes tempranos relacionados con eventos lingüísticos: N1 y N2

Proverbio y Zani (2003) mencionan que el componente N1 tiene lugar alrededor de los 150 ms después de haber comenzado el estímulo en el área occipitotemporal (circunvolución lingual y circunvolución fusiforme izquierda y derecha) y está relacionado con el primer estadio del análisis grafémico y con el reconocimiento de las palabras, procesos que consisten en el análisis sensorial de las características físicas de las palabras escritas, tales como son la iluminación, orientación, tamaño, color, contraste y frecuencia espacial; también se le ha relacionado con el análisis ortográfico, es decir, con la identificación de los caracteres escritos como provistos de significado lingüístico. Subsecuentemente, el componente N2 indica el estadio del análisis de tipo fonológico de la información, es decir, está relacionado con el análisis de los sonidos del lenguaje ante palabras presentadas tanto auditiva como visualmente.

4.2.2 Componentes tardíos o cognitivos: P300 (a y b), P600 y N400

Los mismos autores citados arriba dicen que los componentes tardíos o cognitivos aparecen entre los 250 y los 1000 ms después de haber aparecido el estímulo e incluyen a la familia de componentes P300 y todos los potenciales lingüísticos tardíos como son los incluidos en la familia de componentes N400 y P600, entre otros. Los componentes incluidos en la familia P300 tienen una polaridad positiva y aparecen alrededor de los 250 ms después de haber aparecido el estímulo. Dos de los principales componente de este tipo son el P3a y el P3b. El componente P3a es prominente en el área frontal del cerebro y comúnmente aparece en respuesta a estímulos inesperados o novedosos, por lo que se piensa que refleja una especie de orientación refleja por parte del individuo. Por su parte, el componente P3b es más notable en áreas centrales y parietales del cerebro y surge en respuesta a estímulos que, aunque sean conocidos, tienen una probabilidad muy baja de ser presentados, lo cual requiere de la reiteración de los procesos de categorización.

Por otra parte, aquéllos mismos autores indican que el componente P600 también es llamado *Syntactic Positive Shift* (SPS) y que como su nombre lo indica tiene una polaridad

positiva, observándose comúnmente en zonas centroparietales y temporales con una latencia que varía entre los 600 y 900 ms; se encuentra asociado con la respuesta cerebral ante la incongruencia sintáctica o con procesos de revisión de una frase.

Proverbio y Zani (2003) también describen el componente N400 diciendo que tiene polaridad negativa, aparece alrededor de los 400 ms después de haber aparecido el estímulo y fue originalmente identificado por Hyllard y Kutas en 1980. Esta respuesta cerebral, indica generalmente el reconocimiento de las palabras, el procesamiento semántico y la respuesta a elementos contextualmente inesperados; es generado por palabras semánticamente anómalas o que comúnmente no se espera que aparezcan al final de una oración dada, es decir, aquellas palabras que tienen una baja probabilidad de cerrar una oración.

El componente N400, según Federmeier, Kluender y Kutas (2003), suele relacionarse también con el acceso a la información semántica contenida en la memoria a largo plazo (lexicón mental y memoria semántica), con la integración de esta información en un contexto más amplio o con ambos. Además, el hecho de que la amplitud de este componente sea modulada por diversos aspectos semánticos sugiere todavía más que se encuentra vinculado con el procesamiento del significado de las palabras.

Kutas y Van Petten (1994) señalan diversos factores biológicos y psicolingüísticos que influyen en la generación, distribución y morfología de algunos de los componentes mencionados antes. Dentro de los factores biológicos se encuentran la dominancia manual en relación con la lateralización del lenguaje y la edad. Particularmente, en personas diestras el componente N400 es más grande en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo, esta asimetría disminuye en personas que provienen de familias con miembros zurdos; también se ha encontrado en algunos estudios que este componente va decreciendo en amplitud y latencia conforme se avanza en edad. Los factores psicolingüísticos incluyen las dimensiones lexical, semántica y sintáctica del lenguaje y las manipulaciones experimentales de las que son susceptibles aquéllas. El componente N400 se ha observado durante tareas que manipulan la dimensión lexical o semántica utilizando palabras aisladas,

palabras en el contexto de una oración, o pares asociados de palabras relacionadas semántica o fonológicamente. También se ha observado que la repetición y la frecuencia de uso de las palabras afectan la magnitud de este componente, disminuyéndola. En cambio, el componente P600 se ha observado solamente utilizando tareas que manipulan la dimensión sintáctica, específicamente, en el contexto de violaciones sintácticas.

En definitiva, siguiendo a Proverbio y Zani (2003), los componentes N400 y P600 indican en términos de su latencia, que el procesamiento lingüístico ocurre en dos niveles: un nivel semántico que consiste en el análisis del significado con base en el contexto y otro nivel sintáctico, donde se lleva a cabo el análisis de las relaciones entre las partes de una frase con base en las reglas gramaticales del lenguaje.

5 EFECTO DE CONCRECIÓN Y PREs

Carlton James en 1975 reportó que las palabras concretas eran reconocidas entre pseudopalabras con mayor rapidez y precisión que las palabras abstractas en una tarea de decisión léxica, y que esto ocurría únicamente cuando la frecuencia de uso de ambos tipos de palabra era baja y por tanto sólo cuando el recurso a la familiaridad léxica no era suficiente para resolver la tarea sino que se requería además del procesamiento semántico de las palabras. A este fenómeno conductual se le ha llamado desde entonces *efecto de concreción*.

El efecto de concreción es el fundamento conductual que sugiere empíricamente que el cerebro procesa diferencialmente las palabras en función del grado de imaginabilidad de sus significados. Hasta la fecha se han realizado varios estudios con PREs, fMRI y PET que reportan ese mismo fenómeno utilizando diversas tareas: decisión léxica (*lexical decision*), categorización (*categorization*), verificación de oraciones (*sentence verification*), juicio semántico (*semantic judgment*) y juicio acerca del sentido de una palabra final en relación con el contexto (*meaningfulness judgment*).

Las investigaciones que vinculan el efecto de concreción con algunos componentes de los PREs giran en torno de dos enfoques teóricos que de alguna manera dirigen sus diseños experimentales y marcan las pautas para la interpretación de sus resultados. Estos dos enfoques son el Modelo de la Disponibilidad del Contexto (*Context-Availability Model*) y la Teoría de la Codificación Dual (*Dual-Coding Theory*). Cada una de estas teorías explica a su manera el efecto de concreción.

La Teoría de la Codificación Dual está encabezada por Allan Paivio (2007). Este autor argumenta que existen dos sistemas de procesamiento independientes de modalidad específica pero que tienen conexiones entre sí: uno verbal y otro imaginativo. Cada sistema está constituido por unidades representacionales cualitativamente diferentes. La unidad del sistema verbal se llama logógeno (*logogens*) y la del sistema imaginativo se denomina imagen (*imagens*). El logógeno refleja la organización interna de las unidades lingüísticas

en cuanto éstas son percibidas y producidas. El imágeno se refiere a las unidades representacionales que dan lugar a las imágenes conscientes cuando son activadas. Según esta teoría, las representaciones léxicas por sí mismas no son semánticamente significativas sino que derivan su significado de las conexiones que tienen con otras representaciones verbales e imaginativas, esto es así porque el significado es contextual.

El mismo autor explica que la familia de los logógenos comprende no sólo las palabras aisladas sino que incluye también frases estereotipadas, locuciones, modismos, incluso secuencias tan grandes como fragmentos de poemas, citas textuales o cualquier unidad de información verbal que sea recordada como una representación única. Por su parte la familia de los imágenos incluye las imágenes derivadas de todas las modalidades sensoriales y motoras. Los logógenos y los imágenos se mantienen en estado latente dentro de la memoria hasta que son activados por diferentes vías: las conexiones representacionales, que conectan las unidades representativas con los estímulos provenientes del ambiente; las estructuras asociativas, que vinculan diversas unidades entre sí dentro de cada familia representacional y, por último, las conexiones referenciales que relacionan a los logógenos con los imágenos y viceversa. Así pues, en conjunto las unidades representacionales, las interconexiones y los patrones de activación constituyen los sistemas funcionales de la Codificación Dual.

En la Figura 1 se ilustra el modelo de la Codificación Dual con el ejemplo que ofrece Paivio (2007): ante la palabra ‘teléfono’, a través de las conexiones representacionales, se activan directamente todos los logógenos relacionados con ella dentro de la estructura asociativa del Sistema Verbal; éstos a su vez pueden activar indirectamente sus imágenos correspondientes a través de las conexiones referenciales. Por el contrario, ante el objeto denominado ‘teléfono’ se activan directamente, a través de las conexiones representacionales, todos los imágenos relacionados con él en la estructura asociativa del Sistema No-Verbal, e indirectamente se activan los logógenos correspondientes por medio de las conexiones referenciales. Así pues, los estímulos verbales generan directamente respuestas verbales e indirectamente respuestas no verbales, con los estímulos no verbales sucede lo contrario.

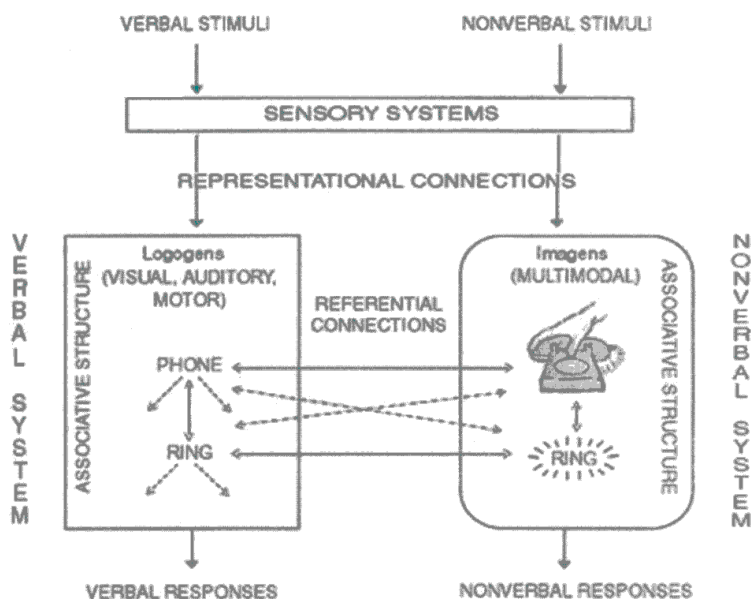


Figura 1. (Paivio, 2007, p. 143)

En conformidad con lo anterior, según esta teoría el significado tiene tres niveles: representacional, referencial y asociativo. El significado representacional implica la disponibilidad de un imágenes o de un logógeno para los estímulos no-verbales o los verbales, respectivamente. El significado referencial deriva de las relaciones entre las palabras y sus referentes, internalizadas como asociaciones entre logógenos e imágenes, lo que implica la participación de las operaciones de denominación de imágenes y de evocación de éstas a partir de las palabras. Por último, el significado asociativo se refiere a las interrelaciones entre los logógenos y entre los imágenes dentro de cada sistema representacional.

Por su parte, el Modelo de la Disponibilidad del Contexto (Schwanenflugel, 1991) representa la variante de un modelo de la comprensión más general que ha sido extendido para explicar el efecto de concreción. Según este modelo la comprensión se realiza en virtud de la interacción entre el acervo básico de conocimientos del sujeto (memoria a largo plazo) y el contexto dentro del cual se ofrecen los estímulos externos. La comprensión es coadyuvada por la adición de información contextual a los materiales que están siendo comprendidos. Esta información contextual puede venir de la base de conocimientos del

sujeto o del contexto en el que se ofrecen los estímulos externos. Por lo tanto, este modelo describe las diferencias representacionales entre las palabras concretas y abstractas en términos de la fuerza de las conexiones entre cada tipo de concepto y de su base cognitiva asociada.

De acuerdo con lo anterior, la principal diferencia entre la Teoría de la Codificación Dual y el Modelo de la Disponibilidad del Contexto radica en que la primera sostiene que entre ambos tipos de palabras existe una diferencia cualitativa basada en la actividad de diferentes sistemas representacionales, mientras que el segundo solamente admite una diferencia cuantitativa, pues propone que ambos tipos de conceptos son procesados dentro de un mismo y único sistema representacional.

De lo anterior se sigue que cada uno de los enfoques teóricos mencionados arriba de una explicación distinta del efecto de concreción. Por un lado, según la Teoría de la Codificación Dual la ventaja del procesamiento de las palabras concretas sobre el de las abstractas se debe a que las palabras concretas son procesadas tanto por el sistema verbal (lingüístico) como por el sistema no-verbal (imaginativo), mientras que las palabras abstractas son procesadas casi exclusivamente por el sistema verbal; por otro lado, desde la perspectiva del Modelo de la Disponibilidad del Contexto la ventaja mencionada antes radica en que las palabras abstractas poseen conexiones más débiles con la información contextual que las palabras concretas, lo que hace más difícil la recuperación de su significado a partir de la base de conocimientos del individuo. Las palabras abstractas tienen conexiones débiles con la información contextual por dos razones fundamentales: aparecen en una gran diversidad de contextos y en ocasiones son relativamente poco familiares, es decir, aparecen raramente.

Kounios y Holcomb (1994) relacionaron el efecto de concreción con el análisis de PREs en el ámbito original de una tarea de decisión léxica y también en el contexto de una tarea de categorización semántica. El propósito explícito de estos investigadores fue replicar los resultados conductuales (tiempo de reacción y número de errores) del trabajo de James y extenderlos a los PREs, especialmente en relación con el componente N400, para constatar

si el efecto de concreción a nivel conductual correspondía también con cambios a nivel electrofisiológico. Los resultados de este estudio mostraron las diferencias conductuales esperadas y lograron relacionar el efecto de concreción con la presencia de un componente N400 análogo (*N400-like negativity*) que fue mayor durante el reconocimiento de palabras concretas que de abstractas, estuvo lateralizado hacia el hemisferio derecho, fue más grande en zonas anteriores y destacó más en la tarea de categorización que en la de decisión léxica.

Los resultados obtenidos por Kounios y Holcomb (1994) probaron la sensibilidad de los PREs al factor concreción, particularmente cuando la tarea implica un procesamiento semántico profundo tal y como lo había sugerido desde un principio Carlton James (1975). La distribución asimétrica del componente N400 análogo, según estos autores, es más consistente con la Teoría de la Codificación Dual que con el Modelo de la Disponibilidad del Contexto.

Cinco años después Holcomb, Kounios, Anderson y West (1999) realizaron de nuevo un estudio con PREs con el objetivo de corroborar los resultados de Kounios y Holcomb (1994) pero utilizando ahora una tarea de juicio de incongruencia ante finales de oración anómalos, tal y como hicieron Kutas y Hillyard en 1980 cuando reportaron por primera vez el componente N400 clásico. Pero a diferencia de aquéllos combinaron el factor ‘concreción’ con el de ‘incongruencia’ de modo semejante a como lo hicieron Schwanenflugel y Stowe (1989). La tarea original de Kutas y Hillyard consistía en presentar palabra por palabra una oración completa donde la palabra final (estímulo *target*) era siempre un sustantivo que daba sentido o no a la oración (p. ej. *Adriana se come un taco de... frijoles*, o bien, *Alberto se come una torta de... ladrillo*). La combinación del factor concreción y el de congruencia en este tipo de tareas se lleva a cabo finalizando la oración de manera congruente o incongruentemente unas veces con palabras concretas y otras con palabras abstractas.

En efecto, dentro del contexto original en que surgió la N400 sería posible corroborar las predicciones sugeridas por los resultados de Kounios y Holcomb (1994), a saber: primera,

que las palabras concretas producirían un componente N400 análogo más negativo que las palabras abstractas, segunda, que estas diferencias serían debidas, al menos en parte, a la modulación de la N400 por parte de la concreción, tercera y última, que habría diferencias en cuanto a la distribución del componente N400 en función de la concreción.

Para conseguir sus objetivos Holcomb y colaboradores (1999) realizaron dos experimentos. El resultado del primer experimento corroboró los hallazgos del estudio previo llevado a cabo por Kounios y Holcomb (1994), a saber, una mayor negatividad alrededor de los 400 ms (N400) ante finales de oración incongruentes con palabras concretas que con abstractas, que estuvo localizada en zonas anteriores y fue más robusta del lado derecho si bien esta última diferencia no llegó a ser significativa. El segundo experimento estuvo encaminado a cerciorarse de que las diferencias observadas en el primer experimento se debieran más al factor concreción que al grado de detección de la anomalía semántica, puesto que era posible argüir que la anomalía producida por finales de oración con palabras concretas incongruentes fuera percibida con mayor fuerza que la producida por finales anómalos con palabras abstractas, debido a que el significado de estas palabras es de suyo más vago y ambiguo que el de las concretas.

Para comprobar lo anterior, Holcomb y colaboradores (1999) utilizaron de nuevo una tarea de verificación de anomalías semánticas ante finales de oración incongruentes, pero finalizando las oraciones con palabras concretas y abstractas neutrales, entendiendo por neutral la baja probabilidad de compleción, es decir, que el contexto de la oración no proporcionaba una evidencia clara que permitiera predecir ni la palabra final ni su nivel de concreción. Los resultados obtenidos fueron semejantes a los del experimento uno, lo cual permitió inferir razonablemente que la N400 observada en el experimento uno no ocurrió por el grado de detección de la anomalía semántica sino por la concreción.

Holcomb y colaboradores (1999) fundamentan sus conclusiones en lo que ellos mismos llaman ‘*spatial distinctiveness principle*’ (principio de distinción espacial) el cual postula que “*two or more different cognitive systems will tend to be more spatially distinct within the brain than will a single cognitive system*” [dos o más sistemas cognitivos tenderán a ser

más distintos espacialmente dentro del cerebro que un único sistema cognitivo] (p. 723). Este principio es importante sobre todo cuando se interpretan los resultados PRE en relación con las teorías cognitivas mencionadas anteriormente.

Continuando los estudios anteriores West y Holcomb (2000) se propusieron examinar si la N400 análoga reportada en los dos trabajos previos podría verse afectada por diferentes modalidades de una misma tarea de verificación de oraciones: una que comprometería primordialmente a la imaginación y otra al lenguaje, además de una que era semánticamente neutral. Con el propósito de corroborar si en efecto el procesamiento de las palabras concretas involucra además de un sistema verbal otro imaginativo mientras que el de las abstractas implica principalmente al sistema verbal.

En su estudio, West y Holcomb (2000) formaron tres grupos de sujetos, cada uno de los cuales llevo a cabo una modalidad diferente de una misma tarea de verificación de finales de oración, la cual pedía a los sujetos juzgaran la veracidad de las oraciones en relación con una palabra final concreta o abstracta. Las tareas fueron elaboradas de modo tal que cada una de ellas requiriera de un procesamiento cognitivo específico para su solución; estas tareas fueron tres: 1) tarea imaginativa, en la que se pedía a los sujetos imaginaran el significado de la palabra final (p. ej. 'Es fácil crear una imagen mental de zapato/valentía); 2) tarea semántica, en la cual los sujetos debían recuperar sólo el conocimiento verbal (p. ej. 'Es común a las personas tener un elefante/aptitud) y, 3) tarea superficial, en la cual los sujetos sólo tenían que indicar si una letra estuvo presente en la palabra final (p. ej. 'La letra 'x' aparece en la palabra aluminum/dexterity).

Los autores mencionados arriba buscaban observar si los PREs suscitados por efecto de la concreción son sensibles a las interacciones entre el sistema imaginativo y el verbal predichas por la Teoría de la Codificación Dual; pues, aunque las tareas pretendían aislar la función imaginativa de la verbal, realmente sólo conseguían hacer que una función predominara sobre la otra, dado que en la tarea de imaginación se pudo también suscitar un procesamiento verbal aunque menor y en la tarea semántica bien pudo haber sucedido que

los sujetos utilizaran inadvertida o ‘implícitamente’ la generación de imágenes. La tercera tarea al no implicar ningún aspecto semántico constituyó un control.

West y Holcomb (2000) observaron que el voltaje de la N400 asociada con el efecto de concreción fue mayor para las palabras concretas que para las abstractas tanto en la tarea imaginativa como en la semántica, aunque destacó más en esta última. Sin embargo, durante la tarea imaginativa la diferencia se distribuyó hacia zonas anteriores. Este comportamiento de la N400 refleja, según West y Holcomb (2000), la activación de un sistema lingüístico común a las palabras concretas y abstractas, además de uno no verbal (imaginativo) principalmente durante el procesamiento de las palabras concretas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento humano puede comprenderse como un proceso que parte de las sensaciones y culmina con la representación conceptual y lingüística de los objetos en la corteza cerebral. Varios estudios sugieren que los distintos tipos de conocimiento se encuentran distribuidos diferencialmente en la corteza cerebral en función de rasgos semánticos específicos y de la concreción o grado de imaginabilidad de su contenido.

El efecto de concreción fue el hallazgo conductual que sugirió originalmente que el procesamiento semántico de las palabras concretas y de las abstractas era diferente (James, 1975). Actualmente existen diversos estudios que corroboran el efecto de concreción utilizando PREs (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb, Kounios, Anderson & West, 1999; West & Holcomb, 2000), fMRI (Sabsevitz, Medler, Seidenberg & Binder, 2005; Binder, Westbury, McKiernan, Possing & Medler, 2005; Fliessbach, et al. 2006; Kiehl, Liddle, Smith, Mendrek, Forster & Hare, 1999) y PET (Whatmough et al., 2004). Los resultados de los estudios mencionados sugieren que las estructuras y los mecanismos que subyacen al procesamiento neural de las palabras concretas y de las abstractas están distribuidos asimétricamente en la corteza cerebral.

En el ámbito de estudios PRE, el componente N400 está ampliamente relacionado con diversos aspectos del procesamiento semántico de las palabras, tanto a nivel de su significado individual como en el contexto de una oración. Este componente se observó originalmente ante finales de oración con palabras inapropiadas en relación con el contexto (Kutas & Hillyard, 1980). Por su parte, Kounios y Holcomb (1994) relacionaron el componente N400 con el efecto de concreción mediante el uso de tareas de decisión léxica y de categorización de las palabras en concretas o abstractas. Posteriormente, Holcomb y colaboradores (1999) verificaron la relación del componente N400 con el efecto de concreción por medio de una tarea que se ajustaba al diseño original de Kutas y Hillyard (1980) pero que incluía las modificaciones hechas por Schwanenflugel y Stowe (1989), para conjugar el efecto de concreción con el de incongruencia semántica. Más recientemente, West y Holcomb (2000) corroboraron nuevamente que el componente N400

es sensible a la concreción, pero utilizando ahora una tarea de verificación de oraciones de dos modos distintos: uno que recurría principalmente al lenguaje y otro a la imaginación.

Todos los estudios PRE mencionados arriba han reportado una mayor negatividad ante palabras concretas que ante abstractas alrededor de los 400 ms y, además, han encontrado que esta diferencia tiene una distribución asimétrica. Estas diferencias, según los autores, sugieren que la representación del contenido semántico de las palabras concretas y de las abstractas depende de la participación de dos sistemas representacionales distintos: uno verbal y otro imaginativo, de acuerdo con la Teoría de la Codificación Dual, y no sólo de uno, como propone el Modelo de la Disponibilidad del Contexto.

Sin embargo, no se han utilizado en los estudios PRE tareas de juicio semántico que utilicen definiciones usuales relacionadas con palabras. Las definiciones usuales constituyen un acceso verbal al contenido semántico menos artificial y más ordinario que el uso de una instrucción y no ubican a la palabra dentro de un contexto oracional propiamente sino que la relacionan directamente con una representación semántica que constituye o no su significado. Por esta razón, cualquier diferencia que pudiera encontrarse relacionada con la distribución y morfología de algunos componentes de los PREs suscitados durante esta modalidad de tarea reflejaría de un modo más directo las diferencias entre la representación semántica de las palabras concretas y de las abstractas en la corteza cerebral, lo que contribuiría a dilucidar con mayor claridad si el procesamiento de los rasgos semánticos de cada tipo de palabra corre por cuenta de uno o de más sistemas neurales.

Por lo tanto, el presente trabajo se propone responder las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias electrofisiológicas, además de las conductuales, en cuanto a la magnitud y distribución de algunos componentes de PREs en función de la concreción?, si existen esas diferencias ¿son semejantes a las que se han reportado en estudios PRE anteriores?, y si es así ¿el uso de una tarea de juicio semántico que requiere asociar una definición usual con una palabra, acentúa las diferencias conductuales y PRE relacionadas con la concreción?

OBJETIVOS

General:

Investigar las diferencias conductuales y electrofisiológicas durante el procesamiento semántico de las palabras concretas y de las abstractas utilizando una tarea de juicio semántico donde se pide asociar una palabra con una definición usual.

Particulares:

Corroborar conductualmente el efecto de concreción fuera del contexto de una tarea de decisión léxica.

Verificar las diferencias en cuanto a la magnitud y distribución de algunos componentes de PREs, principalmente de la N400, relacionadas con el grado de imaginabilidad del significado de las palabras concretas y de las abstractas.

HIPÓTESIS

General:

Si por una parte, el procesamiento semántico de las palabras concretas requiere de la participación de un sistema imaginativo además de la colaboración de un sistema verbal y, por otra parte, el procesamiento de las palabras abstractas recurre principalmente al sistema verbal, entonces habrá tanto diferencias en cuanto al tiempo de reacción y número de errores como en cuanto a la magnitud y distribución de algunos componentes de PREs en función del grado de imaginabilidad del significado de las palabras concretas y de las abstractas.

Particulares:

Las respuestas ante palabras concretas serán más rápidas y precisas (menor número de errores) que ante palabras abstractas.

El componente N400 será mayor ante palabras incongruentes concretas que ante palabras incongruentes abstractas. Esta diferencia será mayor en el hemisferio derecho y en la región anterior del cerebro.

MÉTODO

Sujetos

Participaron voluntariamente y bajo consentimiento informado (Anexo A) 15 hombres entre los 18 y 36 años ($M=27.39$, $DS=5.23$), diestros, hispanohablantes, con estudios mínimos de Bachillerato general y máximos de Maestría, con visión normal o corregida y sin antecedentes de enfermedades psiquiátricas ni de lesiones cerebrales. El diseño experimental se ajustó a los lineamientos éticos requeridos por la institución (Anexo B)

Para verificar que los participantes cumplieran con las características antes mencionadas se les aplicó un cuestionario control y la prueba de ANNET (Anexo C) para determinar su lateralidad dominante. Además, todos reportaron que escribían con la mano derecha y ejecutaron la respuesta con esa mano. También se les aplicó una prueba de lectura utilizando un texto compuesto de 416 palabras que fue tomado de un cuento de Edgar Allan Poe (Anexo D). La lectura de todos los participantes fue grabada para capturar el tiempo y el número de errores. Los participantes mostraron un buen nivel de lectura: tiempo promedio de lectura = 2.74 min [$DS=0.46$] y el porcentaje promedio de errores = 3.14 [$DS=1.96$].

Variables

Las **variables independientes** fueron dos: *Imaginabilidad*: alta o muy imaginable (palabra concreta) y baja o poco imaginable (palabra abstracta) y *Congruencia*: Sí (congruencia entre la definición y la palabra) y No (incongruencia entre la definición y la palabra).

Las **variables dependientes** fueron las siguientes: tiempo de reacción, número de errores y la morfología, distribución topográfica, latencia y voltaje de los componentes en los PREs registrados bajo las distintas condiciones.

Materiales

Aparatos y Software

Para el registro electroencefalográfico (EEG) se utilizó un equipo Medicid 4 (Neuronic), con un factor de amplificación de 20,000 en cada uno de los amplificadores y se emplearon electrodos de plata chapeados con oro (Neuro Supplies Inc.). El programa Excel 2008 se utilizó para la edición de las gráficas de los PREs y para la obtención de los promedios relativos a cada ventana de análisis. El análisis estadístico de los componentes de interés se hizo con el programa SPSS versión 11.5 y los estímulos fueron presentados utilizando el programa EsVisW versión 1.0.5 (Zarabozo, 1998)

Estímulos

Los estímulos fueron 104 palabras (todas fueron sustantivos: 52 concretos y 52 abstractos) y 208 definiciones (104 concretas y 104 abstractas, la mitad de cada grupo fue congruente con las palabras y la otra mitad no) Las palabras fueron los estímulos diana (*targets*) (Anexos E y F). Para la condición control se utilizó una cuadrícula en blanco y negro.

Las palabras fueron seleccionados conforme a los siguientes criterios: a) grado de imaginabilidad, b) longitud de la palabra y c) frecuencia de uso. El índice de imaginabilidad fue tomado de las *Normas de imaginabilidad* de Francisco Valle Arroyo. Estas Normas califican el grado de imaginabilidad de las palabras de acuerdo con una escala del 1 (difícil de imaginar) al 7 (fácil de imaginar). Las palabras concretas se diferenciaron significativamente de las abstractas en cuanto a su grado de imaginabilidad (concretas $M=6.41$, $DS=0.28$ y abstractas $M=2.96$, $DS=0.42$, $t_{(102)}=48.88$, $p<0.001$). La longitud de las palabras en cada uno de los dos grupos varió de 5 a 7 letras en la misma proporción ($M=6$, $DS=0.82$, para ambos grupos). Las palabras concretas no fueron diferentes que las abstractas en cuanto a la frecuencia de uso (concretas $M=59.82$ /millón, $DS=103.39$ y abstractas $M=60.26$ /millón, $DS=94.65$, $t_{(102)}=0.023$, $p>0.05$) según el Corpus del Español

Mexicano Contemporáneo del Colegio de México (L. F., Lara, comunicación personal, 20 de febrero, 2007).

Las definiciones fueron tomadas del *Diccionario del Español Usual en México* (Lara, 2006) sin cambiar el sentido literal de la acepción original y sólo haciendo leves modificaciones cuando la extensión de la definición así lo requirió. Las definiciones incongruentes correspondieron a palabras que aparecen también en las *Normas de imaginabilidad* de Francisco Valle Arroyo con un índice de imaginabilidad promedio de 6.60 (DS=0.32) para las concretas y de 2.95 (DS=0.75) para las abstractas, de tal modo que también fueron diferentes en cuanto al grado de imaginabilidad ($t_{(102)}=32.33$, $p<0.001$).

Las palabras y las definiciones fueron diseñadas con el programa FIREWORKS 8 versión 8.0.0.777. Las palabras fueron elaboradas con fuente Impact a 120, en color negro, y sobre recuadros con fondo blanco y las definiciones con la misma fuente utilizada para las palabras pero de menor tamaño y en color negro, dentro de recuadros con fondo blanco. La cuadrícula en blanco y negro para la condición control tuvo las mismas dimensiones que el recuadro que contuvo las palabras y las definiciones, a saber: 17.5 de largo y 3.5 de alto presentadas a 75 cm de distancia del sujeto ($\theta=2.7^\circ$).

Procedimientos

Control.- La condición control consistió en la presentación de una cuadrícula en blanco y negro con una frecuencia de 1/s durante 50 s. La cuadrícula se exponía durante 100 ms seguidos por un punto de fijación durante 900 ms. En esta condición el participante sólo tenía que observar los estímulos sin emitir ningún tipo de respuesta (Figura 2).

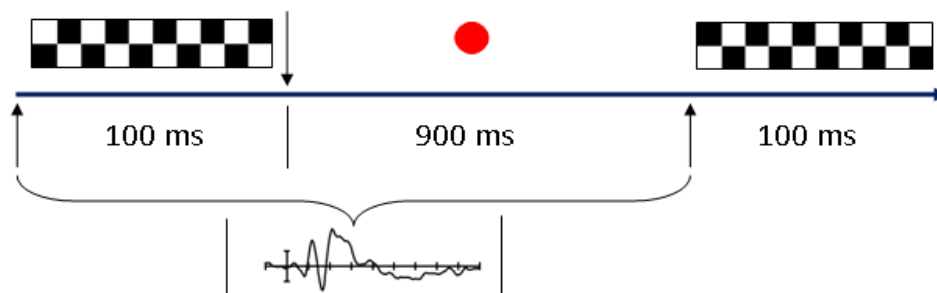


Figura 2

Tarea.- En este estudio se utilizó una tarea de juicio semántico que requirió a cada participante indicar si una palabra era congruente o no con una definición; si consideraba que era congruente debía presionar el botón izquierdo del ratón con el dedo índice, si juzgaba que era incongruente tenía que oprimir el botón derecho del ratón con el dedo medio.

La tarea incluyó cuatro condiciones experimentales: 1) palabra **concreta congruente** con la definición, 2) palabra **concreta incongruente** con la definición, 3) palabra **abstracta congruente** con la definición y 4) palabra **abstracta incongruente** con la definición; duró aproximadamente 30 minutos y se dividió en dos partes. Cada parte estuvo compuesta por cuatro grupos de veintiséis ensayos. Al final de la primera parte se dio al participante un descanso de 5 min. Dentro de cada grupo se combinaron las cuatro condiciones experimentales en la misma proporción. Las definiciones incongruentes siempre se asociaron a palabras de su mismo grupo según la imaginabilidad.

Al comienzo de la tarea se dio a los participantes la instrucción siguiente:

En la siguiente tarea se te presentará una serie de definiciones y palabras del modo siguiente:

Primero aparecerá la definición de un concepto, posteriormente se te mostrará una palabra, tú debes indicar lo más rápido que te sea posible si la palabra corresponde o no con la definición anterior; si te parece que corresponde presiona el botón izquierdo del ratón con el dedo índice, si te parece que no corresponde oprime el botón derecho del ratón con el dedo medio.

Al inicio de la tarea y durante ella verás un punto rojo en el centro de la pantalla. Por favor mantén tu vista fija en él. Trata de parpadear lo menos posible, sobre todo al momento de dar tu respuesta.

Gracias.

Cada ensayo inicio con la exposición de una definición durante 2000, 3000 o 4000 ms, dependiendo de la extensión de la misma; posteriormente, se mostró de nuevo el punto rojo durante 1000 ms y luego la palabra durante otros 1000 ms; finalmente aparecía el punto rojo durante 1000 ms. El participante tenía para responder todo el tiempo comprendido entre la aparición de la palabra y la presentación de la definición siguiente (Figura 3).

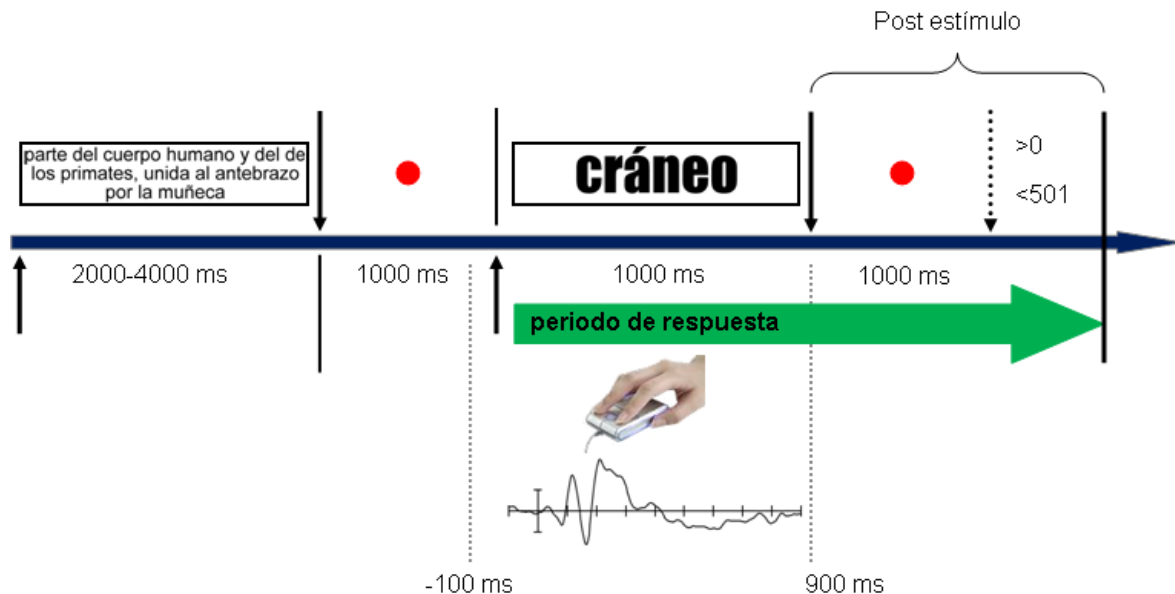


Figura 3

Análisis de los datos

Datos Conductuales

Los tiempos de reacción y los errores cometidos se compararon mediante un Análisis de Varianza de Medidas Repetidas para un diseño factorial (Imaginabilidad –concretas, abstractas- × Congruencia –congruente, incongruente-).

Datos Electrofisiológicos

Se registró el EEG en todas las derivaciones del Sistema Internacional 10-20 (Harner & Sannit, 1974) con referencia a los lóbulos auriculares cortocircuitados. Los PREs para cada sujeto se obtuvieron promediando 30 segmentos de EEG libres de artefactos

correspondientes a respuestas correctas en cada una de las cuatro condiciones experimentales.

Para cada sujeto se calculó el voltaje promedio dentro de dos ventanas de interés (300-500 ms y 500-700 ms); estas ventanas fueron elegidas porque corresponden a los rangos de latencia de los componentes N400 y P600 relacionados ampliamente con el procesamiento semántico y sintáctico del lenguaje, respectivamente.

Los voltajes correspondientes a las dos ventanas mencionadas se sometieron a cuatro Análisis de Varianza de Medidas Repetidas con tres factores:

1. Imaginabilidad × Congruencia × Sitio del Electrodo
2. Imaginabilidad × Congruencia × Hemisferio
3. Imaginabilidad × Congruencia × Región Intrahemisférica
4. Imaginabilidad × Congruencia × Antero-Posterior

Los factores Imaginabilidad y Congruencia fueron comunes, los análisis sólo variaron en función del tercer factor. El factor *Sitio del Electrodo* incluye el valor del voltaje promedio de doce sitios de registro (F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, F8, T3, T4, T5, T6). El factor *Hemisferio* se compone de la suma de los valores correspondientes al voltaje promedio de seis derivaciones del hemisferio izquierdo (F3 + C3 + P3 + F7 + T3 + T5) y seis del hemisferio derecho (F4 + C4 + P4 + F8 + T4 + T6); el factor *Región Intrahemisférica* incluye 4 niveles, a saber, región anterior izquierda (F7 + F3), región posterior izquierda (T5 + P3), región anterior derecha (F8 + F4) y región posterior derecha (T6 + P4); por último, el factor *Antero-Posterior* se obtiene sumando el voltaje promedio de cinco sitios de registro en regiones anteriores (F3 + F4 + F7 + F8 + Fz) y cinco en regiones posteriores (T5 + T6 + P3 + P4 + Pz).

ADVERTENCIA: Los efectos principales y las interacciones entre la Imaginabilidad y la Congruencia se reportan sólo con los datos correspondientes al primer análisis.

RESULTADOS

Conductuales

Las palabras concretas fueron asociadas correctamente con las definiciones más rápido que las palabras abstractas (efecto de concreción: $F_{(1,14)}=119.27$, $p<0.001$). También ante palabras congruentes las respuestas fueron más rápidas que ante palabras incongruentes (efecto de congruencia: $F_{(1,14)}=8.36$, $p<0.05$). Pero no hubo una interacción significativa entre la concreción y la congruencia ($F_{(1,14)}=2.05$, $p>0.05$) (Tabla 1 y Figura 4).

	CONCRETO	ABSTRACTO	Diferencia
CONGRUENTE	662.98 (69.71)	786.51 (84.46)	123.53
INCONGRUENTE	702.18 (70.94)	851.96 (90.60)	149.78
Diferencia	39.20	65.45	

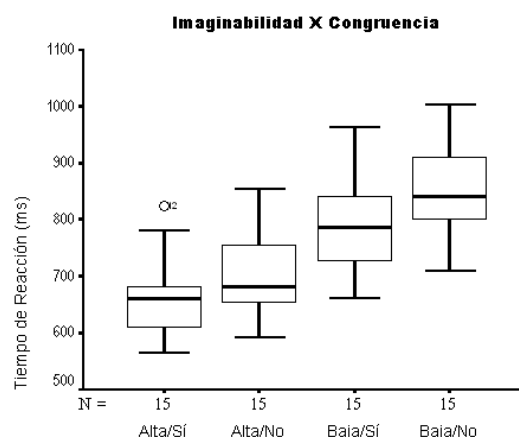


Figura 4

El porcentaje de errores fue menor ante palabras concretas que ante palabras abstractas (efecto de imaginabilidad: $F_{(1,14)}=46.52$, $p<0.001$). No hubo diferencias en función de la Congruencia y tampoco interacción entre la Imaginabilidad y la Congruencia (Tabla 2 y Figura 5).

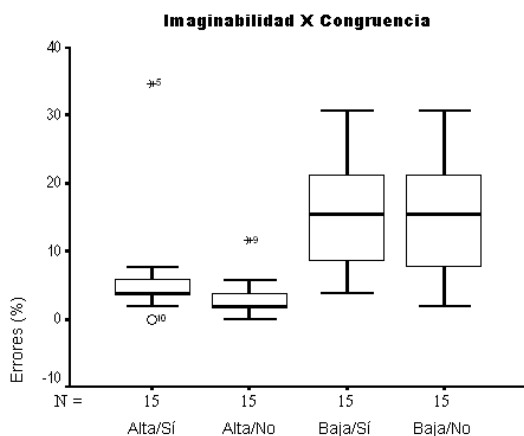


Figura 5

	CONCRETO	ABSTRACTO	Diferencia
CONGRUENTE	6.16 (2.09)	15.90 (2.13)	9.74
INCONGRUENTE	3.33 (0.74)	15.26 (2.34)	11.92
Diferencia	2.82	0.64	

Electrofisiológicos

Descripción de los PREs

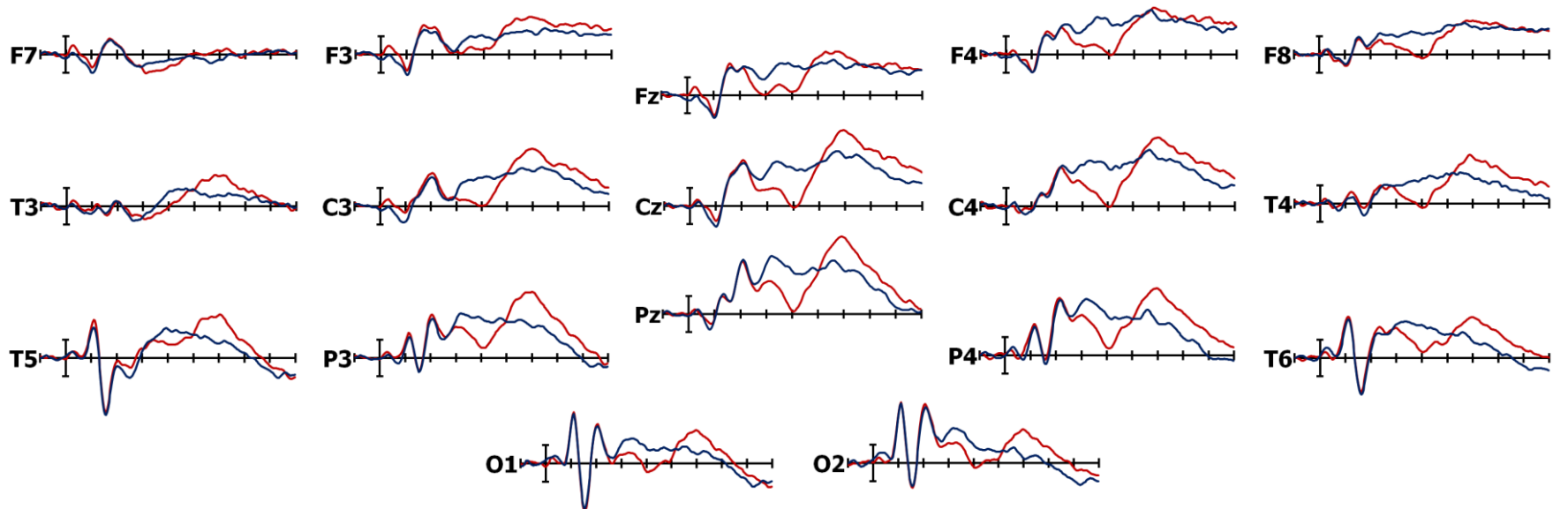
En todas las condiciones experimentales dentro de los PREs apareció el componente P1 seguido inmediatamente de una deflexión negativa (N1) después de la cual se presentó nuevamente una onda positiva (P2), en regiones occipito-temporales (O1, O2, T5 y T6) y parietales (P3 y P4) (Cuadros 1-4). El componente P1, fue mayor en occipitales que en temporales posteriores y en estos mayor que en parietales. El componente N1 fue mayor en occipital y temporal posterior del hemisferio izquierdo que en las zonas homólogas del hemisferio derecho. En cambio, en los PREs suscitados ante la condición control, el componente N1 tuvo una magnitud muy similar en ambos hemisferios (Cuadro 5). El componente P2 fue más grande en occipitales que en parietales y aquí más grande que en temporales posteriores.

También se presentó un componente P3 en occipitales, parietales y línea central. Este componente fue mayor ante palabras concretas congruentes que ante concretas incongruentes y abstractas congruentes; en cambio, ante palabras concretas incongruentes y abstractas incongruentes fue muy similar (Cuadros 1-4).

Se observa un componente N400 análogo sólo ante palabras incongruentes, que fue incrementando ligeramente su magnitud hacia zonas anteriores en el caso de las palabras concretas en comparación con las abstractas (Cuadro 3). Además, este componente fue más conspicuo para las palabras concretas que para las abstractas (Cuadros 1 y 2). Después se presentó una onda positiva con pico máximo alrededor de los 600 ms (P600, SPS o LPC) que fue mayor ante palabras concretas incongruentes que ante abstractas incongruentes en zonas posteriores (Cuadro 3); en cambio, en zonas anteriores sucedió al contrario: la positividad fue mayor para las palabras abstractas congruentes que para las concretas congruentes (Cuadro 4).

Cuadro 1

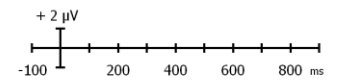
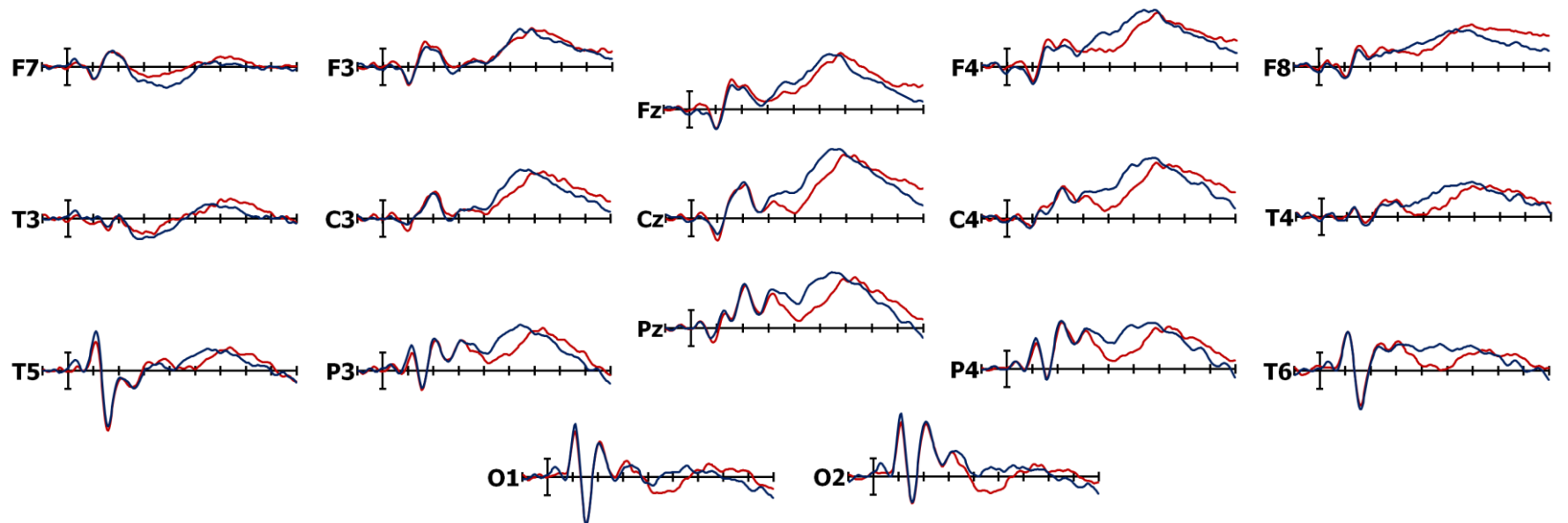
Gran promedio PREs para las palabras **CONCRETAS**



CONGRUENTES —————
INCONGRUENTES —————

Cuadro 2

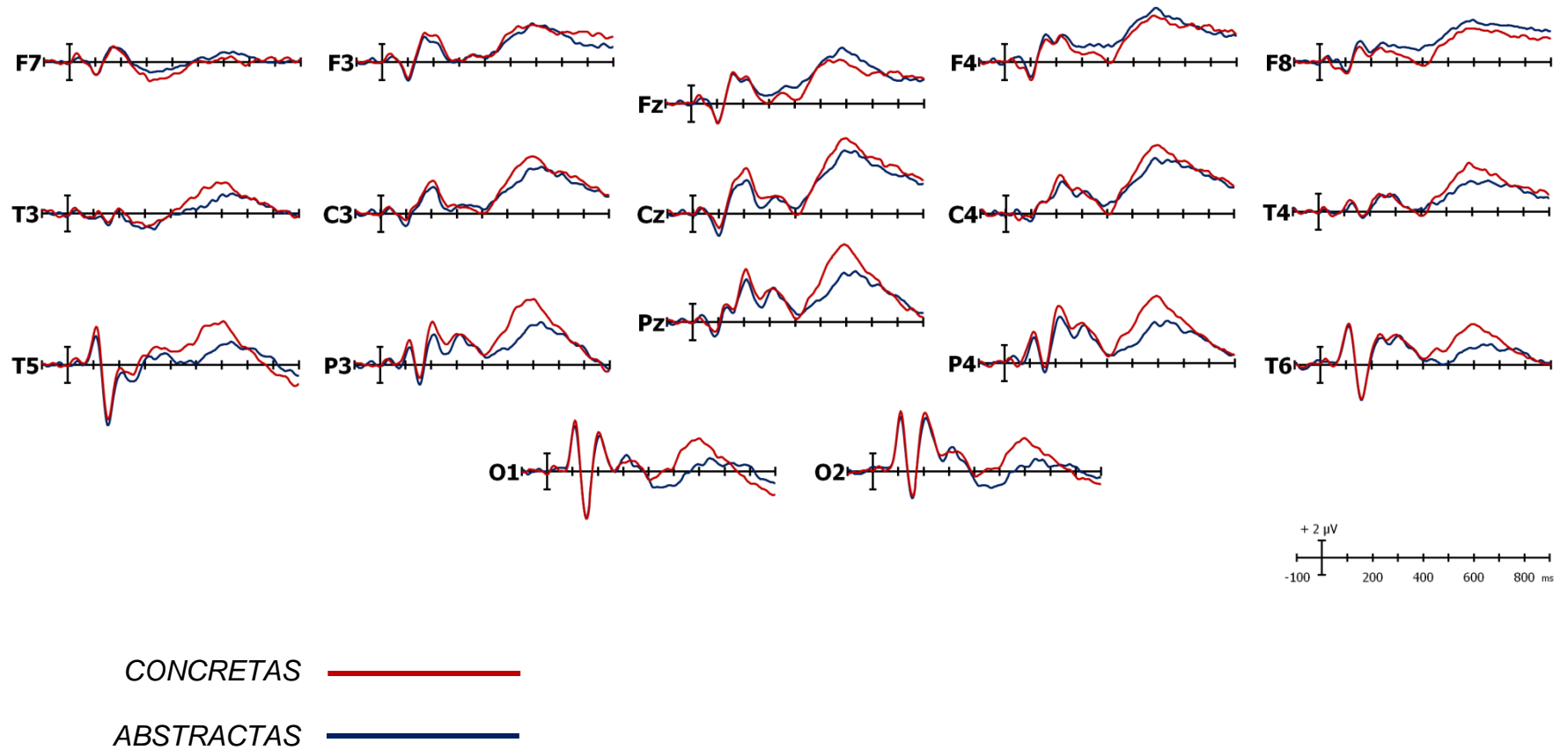
Gran promedio PREs para las palabras **ABSTRACTAS**



CONGRUENTES —————
INCONGRUENTES —————

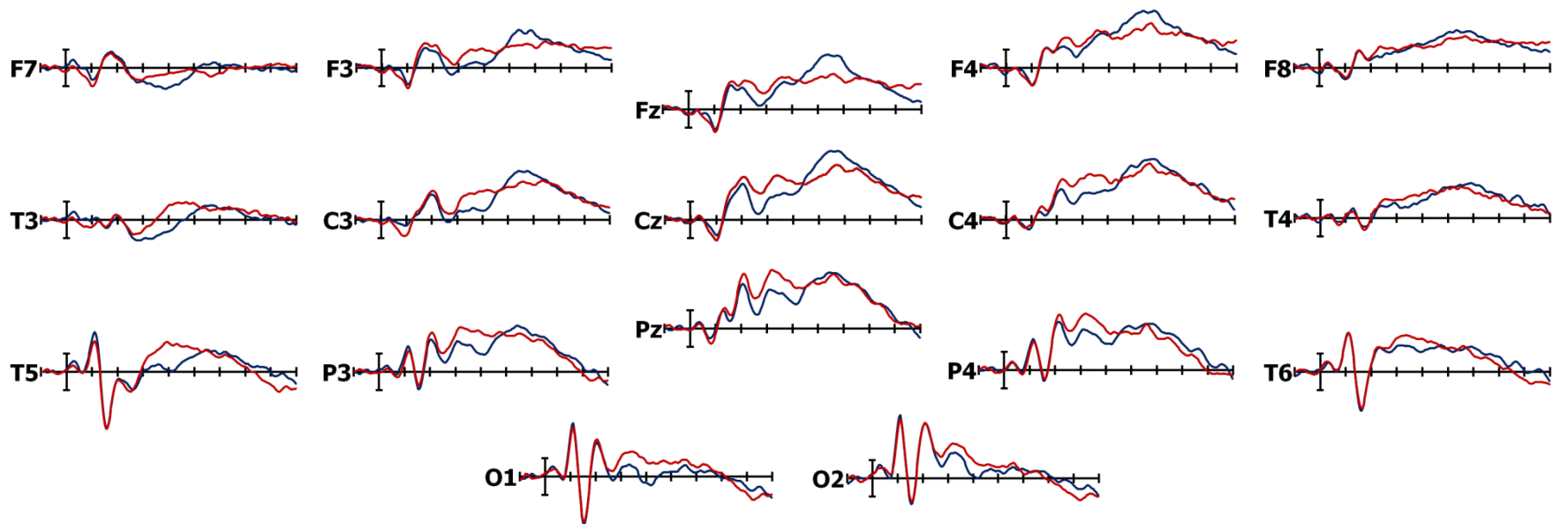
Cuadro 3

Gran promedio PREs para las palabras **INCONGRUENTES**



Cuadro 4

Gran promedio PREs para las palabras **CONGRUENTES**

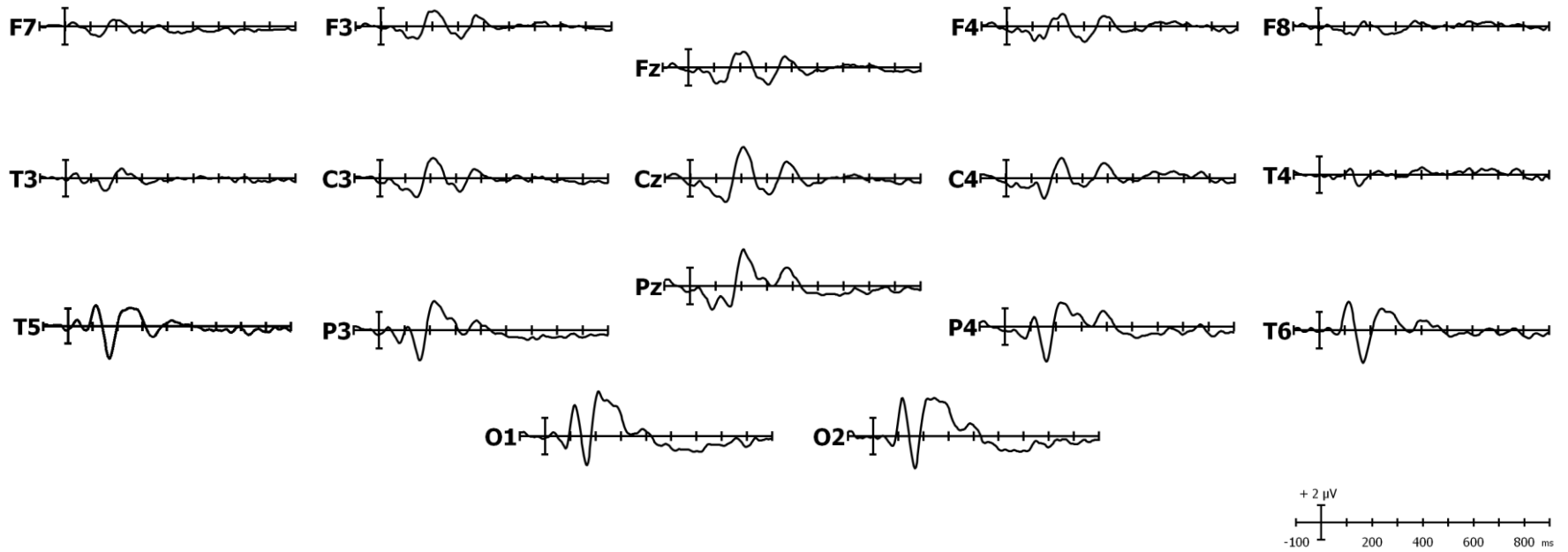


CONCRETAS ———

ABSTRACTAS ———

Cuadro 5

Gran promedio para la condición **CONTROL**



Análisis por épocas

P1 y N1

Dentro de la época para el componente P1 (80-140 ms) no hubo diferencias significativas entre zonas occipitales (O1-O2) ni entre zonas temporales posteriores (T5-T6) tanto en la condición control ($F_{(2,25)} = 0.65$, $p > 0.05$) como en la condición experimental. En la época para el componente N1 (140-200 ms), en la condición control no se presentó diferencia significativa alguna entre occipitales ni entre temporales posteriores ($F_{(2,22)} = 0.78$, $p > 0.05$), en cambio en la condición experimental sí hubo diferencias significativas ($F_{(1,19)} = 10.15$, $p < 0.01$) presentándose mayor negatividad en occipital y temporal posterior izquierdo que en los sitios homólogos del hemisferio derecho.

P300 (200-400 ms)

Para las palabras concretas el voltaje fue mayor que para las abstractas (efecto principal de Imaginabilidad: $F_{(1,14)} = 11.60$, $p < 0.01$). Los juicios de congruencia estuvieron asociados con un mayor voltaje que los de incongruencia (efecto principal de Congruencia: $F_{(1,14)} = 11.46$, $p < 0.01$). En la región posterior hubo mayor amplitud que en la región anterior (efecto principal Antero-Posterior: $F_{(1,14)} = 7.36$, $p < 0.05$). Ante palabras concretas congruentes hubo mayor voltaje que ante concretas incongruentes, para las palabras concretas congruentes la amplitud fue mayor que para las abstractas congruentes (Imaginabilidad \times Congruencia: $F_{(1,14)} = 6.36$, $p < 0.05$). El voltaje ante las palabras concretas fue mayor en la región posterior que en la región anterior y en la región posterior la amplitud fue mayor ante las palabras concretas que ante las abstractas (Imaginabilidad \times Antero-Posterior: $F_{(1,14)} = 4.77$, $p < 0.05$).

N400 (300-500 ms)

Efectos principales

En todos los análisis el voltaje fue menor ante palabras abstractas que ante concretas (efecto de Imaginabilidad: $F_{(1,14)}=7.89$, $p<0.05$). También, en todos los análisis, ante palabras incongruentes el voltaje fue menor que ante palabras congruentes (efecto de Congruencia: $F_{(1,14)}=35.19$, $p<0.001$) (Tabla G1). El efecto principal del Sitio del Electrodo fue también significativo ($F_{(3,36)}=7.59$, $p<0.01$); sin embargo, no hubo diferencias significativas entre sitios de registro homólogos. En el hemisferio izquierdo ($M=6.11$, $SEM=3.63$) el voltaje fue menor que en el hemisferio derecho ($M=14.55$, $SEM=2.48$) (efecto principal de hemisferio: $F_{(1,14)}=6.95$, $p<0.05$). En la región anterior izquierda ($M=0.22$, $SEM=1.06$) el voltaje fue menor que en la región posterior izquierda ($M=4.22$, $SEM=1.55$) y que en la posterior derecha ($M=5.46$, $SEM=1.35$): efecto principal de Región Intrahemisférica ($F_{(2,28)}=5.29$, $p<0.05$) No hubo efecto principal de Antero-Posterior.

Interacciones

- **Imaginabilidad × Congruencia** ($F_{(1,14)}=4.22$, $p=0.059$):

La interacción Imaginabilidad × Congruencia en ningún análisis resultó significativa, pero estuvo próxima a serlo (Figura 6 y Tablas G2, G3)

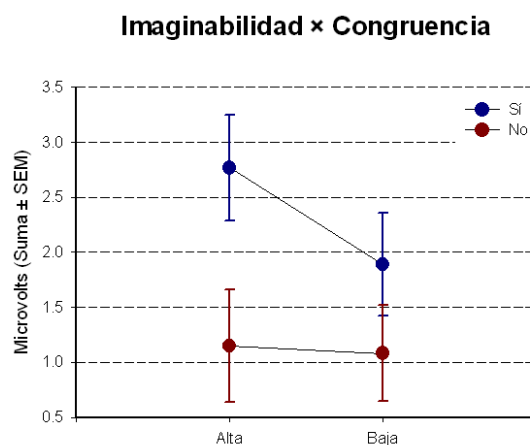


Figura 6

- *Imaginabilidad* × *Sitio del Electrodo* ($F_{(3,49)}=6.90, p<0.001$):

En F4 ante palabras concretas hubo menor voltaje que ante abstractas, en P3, P4, T3, T5 y T6 sucedió al contrario (Figura 7 y Tabla G4).

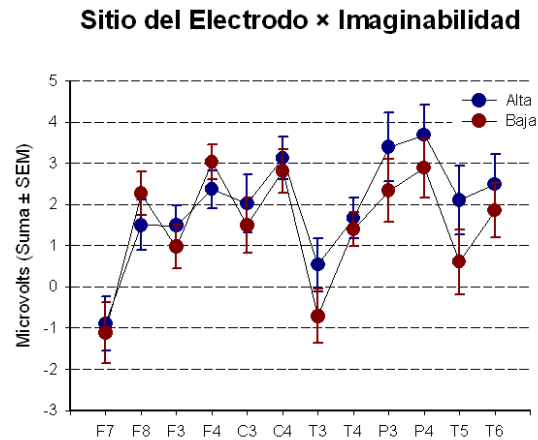


Figura 7

- *Congruencia* × *Sitio del Electrodo* ($F_{(3,46)}=11.65, p<0.001$)

Ante palabras incongruentes el voltaje fue menor que ante congruentes en F8, F4, C3, C4, P3 y P4 (Figura 8 y Tabla G5). Pero en ningún caso se presentaron diferencias entre sitios de registro homólogos.

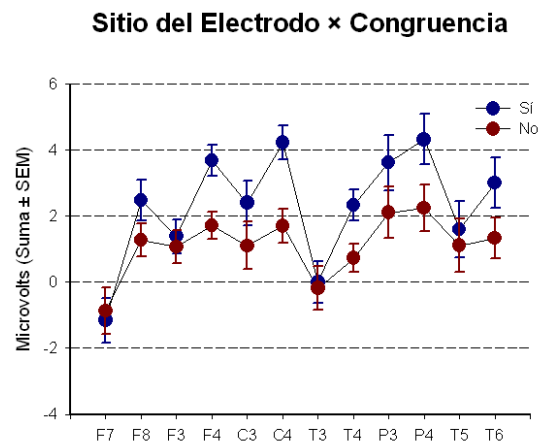


Figura 8

- **Imaginabilidad × Hemisferio** ($F_{(1,14)}=6.11$, $p<0.05$):

Para las palabras abstractas el voltaje fue menor que para las concretas en el hemisferio izquierdo (Figura 9 y Tablas G6, G7).

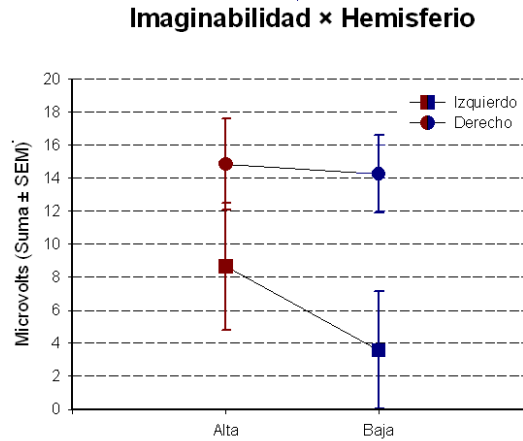


Figura 9

- **Congruencia × Hemisferio** ($F_{(1,14)}=18.45$, $p<0.01$):

Las palabras congruentes estuvieron asociadas con un menor voltaje en el hemisferio izquierdo que en el derecho; en cambio, en éste último la amplitud fue menor para las palabras incongruentes que para las congruentes (Figura 10 y Tablas G8, G9).

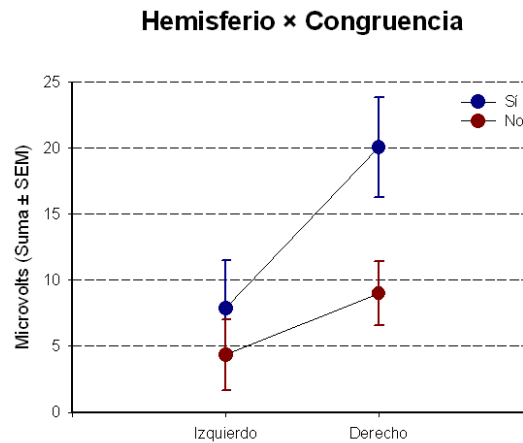


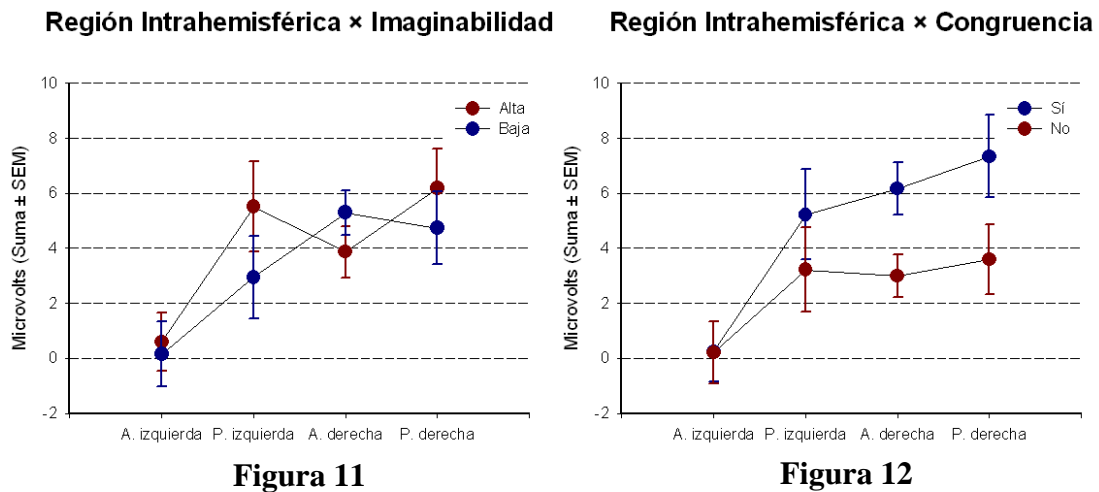
Figura 10

- **Imaginabilidad × Región Intrahemisférica** ($F_{(2,31)}=10.43$, $p<0.001$):

Dentro del hemisferio izquierdo, las palabras concretas provocaron una amplitud menor en la región anterior que en la región posterior. En la región posterior del hemisferio izquierdo las palabras abstractas suscitaron un voltaje menor que las concretas; en cambio, en la región anterior del hemisferio derecho las palabras concretas evocaron un voltaje menor que las abstractas, mientras que en la zona posterior del mismo hemisferio sucedió lo contrario ((Figura 11 y Tablas G10, G11).

- **Congruencia × Región Intrahemisférica** ($F_{(2,29)}=9.31$, $p<0.01$):

En todas las regiones intrahemisféricas, excepto en la región anterior izquierda el voltaje fue menor para las palabras incongruentes que para las congruentes (Figura 12 y Tablas G12, G13).



- **Imaginabilidad × Antero-Posterior** ($F_{(1,14)}=17.54, p<0.01$):

Para las palabras concretas el voltaje fue menor en la región anterior que en la región posterior. En cambio, en la región posterior sucedió lo contrario (Figura 13 y Tablas G14, G15)

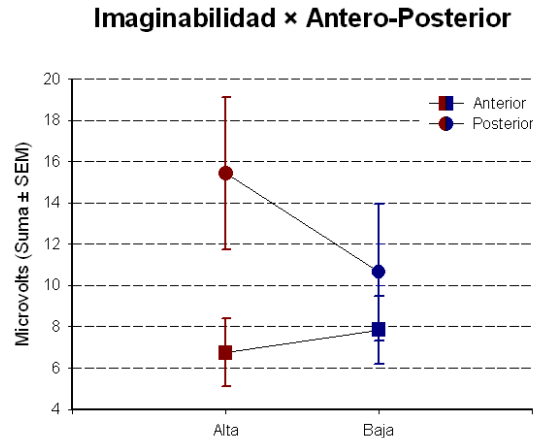


Figura 13

- **Congruencia × Antero-Posterior** ($F_{(1,14)}=5.14, p<0.05$):

El Voltaje fue menor para las palabras incongruentes que para las congruentes tanto en la región anterior como en la posterior (Figura 14 y Tablas G16, G17).

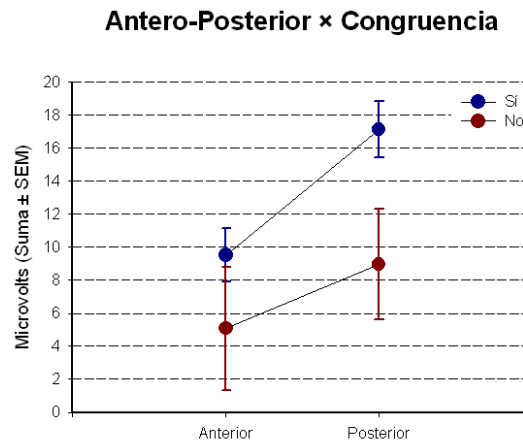


Figura 14

P600 (500-700 ms)

Efectos principales

En ningún análisis hubo efectos principales de Imaginabilidad ni de Congruencia. El efecto principal del sitio del electrodo fue significativo ($F_{(3,39)}=14.66$, $p<0.001$), pero no hubo diferencias entre sitios de registro homólogos excepto entre F3 ($M=3.30$, $SEM=0.31$) y F4 ($M=4.65$, $SEM=0.30$) ante palabras abstractas. El hemisferio derecho ($M=26.77$, $SEM=3.03$) presentó mayor voltaje que el hemisferio izquierdo ($M=16.15$, $SEM=3.09$) (efecto de Hemisferio: $F_{(1,14)}=9.63$, $p<0.01$). En la región anterior izquierda hubo menor voltaje que en la anterior derecha (efecto de la Región Intrahemisférica: $F_{(2,26)}=4.94$, $p<0.05$). No hubo efecto significativo del factor Antero-Posterior.

Interacciones

- **Imaginabilidad × Congruencia** ($F_{(1,14)}=13.62$, $p<0.01$)

Para las palabras abstractas congruentes el voltaje fue mayor que para las concretas congruentes. Por el contrario, ante palabras concretas incongruentes hubo mayor voltaje que ante las abstractas incongruentes. Además, el voltaje fue más grande para las palabras concretas incongruentes que para las concretas congruentes (Figura 15)

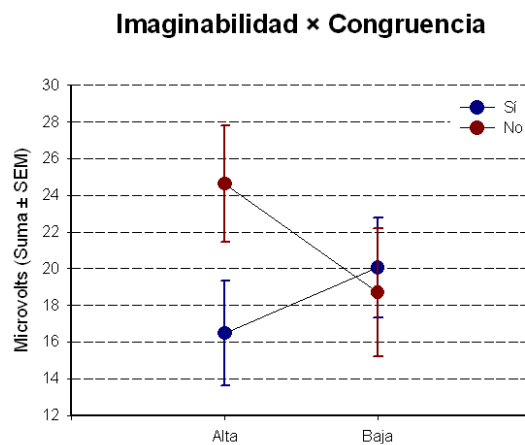


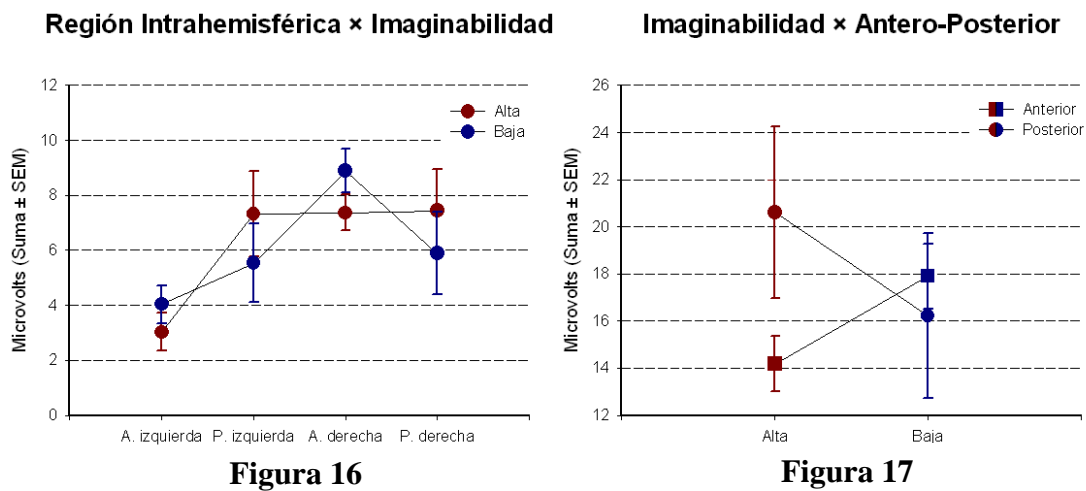
Figura 15

- **Imaginabilidad × Electrodo** ($F_{(4,55)}=6.38$, $p<0.001$)

En F4 ante palabras abstractas se presentó una mayor amplitud que ante palabras concretas, en cambio en P3, P4, T5 y T6 sucedió lo contrario.

- **Imaginabilidad × Región Intrahemisférica** ($F_{(2,29)}=13.38$, $p<0.001$)

El voltaje fue mayor ante palabras concretas en la región posterior que en la anterior dentro del hemisferio izquierdo. En la región posterior de ambos hemisferios el voltaje fue más grande ante palabras concretas que ante abstractas. En cambio, en la región anterior derecha sucedió lo contrario (Figura 16).



- **Imaginabilidad × Antero-Posterior** ($F_{(1,14)}=38.89$, $p<0.001$):

En la región anterior para las palabras abstractas hubo mayor voltaje que para las concretas; en cambio, en la región posterior sucedió lo contrario (Figura 17)

- ***Imaginabilidad × Congruencia × Sitio del Electrodo*** ($F_{(4,59)}=4.35$, $p<0.01$):

En C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5 y T6 ante palabras concretas incongruentes hubo mayor voltaje que ante concretas congruentes, pero no hubo diferencias entre sitios de registro homólogos.

- ***Imaginabilidad × Congruencia × Región Intrahemisférica*** ($F_{(2,33)}=8.30$, $p<0.01$):

En la región posterior izquierda ante palabras concretas incongruentes la positividad fue mayor que ante concretas congruentes, lo mismo sucedió en la región posterior derecha (.

- ***Imaginabilidad × Congruencia × Antero-Posterior*** ($F_{(1,14)}=13.70$, $p<0.01$):

Para las palabras concretas incongruentes la positividad fue mayor en la región posterior que en la anterior y en la región posterior ante palabras concretas incongruentes la positividad fue mayor que ante concretas congruentes

DISCUSIÓN

En este estudio se observó que las palabras concretas fueron relacionadas correctamente con las definiciones más rápidamente y con mayor precisión (menor número de errores) que las palabras abstractas. Este hecho corrobora el fenómeno conductual denominado *efecto de concreción*, que consiste en la ventaja que el procesamiento de las palabras concretas tiene sobre las abstractas en diversas tareas. Este fenómeno se ha observado en varios trabajos con PREs (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb et al., 1999; West & Holcomb, 2000), fMRI (Binder et al., 2005; Kiehl et al., 1999) y PET (Whatmough et al., 2004).

Además, se observó también que ante palabras incongruentes el tiempo de reacción fue mayor que ante las congruentes. Este hecho puede deberse a que las palabras se encuentran frecuentemente asociadas con sus definiciones correctas en la memoria semántica, lo que hace que las respuestas sean más automáticas y por tanto más rápidas; en cambio, cuando la palabra es incongruente con la definición podría ser necesario un proceso de inhibición de las redes neurales asociadas con el significado expresado por la definición antes de acceder al significado sugerido por la palabra para hacer la comparación y detectar la incongruencia entre ambos, todo lo cual retarda la respuesta.

El fenómeno conductual denominado efecto de concreción se observó originalmente en el contexto de una tarea de decisión léxica (James, 1975) y fue denominado así porque el efecto de facilitación era debido a un aspecto semántico y no meramente léxico del procesamiento de la información requerido para distinguir las palabras concretas y abstractas entre pseudopalabras. Efectivamente, James (1975) observó que las palabras concretas eran reconocidas entre pseudopalabras con mayor rapidez y precisión que las palabras abstractas *sólo cuando la frecuencia de uso de ambas clases de palabras era baja* lo cual sugirió que en este caso los sujetos tuvieron que recurrir necesariamente al procesamiento semántico de las palabras y no solamente al léxico, para distinguirlas de las pseudopalabras, dado que la familiaridad léxica no era suficiente para efectuar el discernimiento.

Cualquier inferencia de procesos cognitivos a partir del tiempo de reacción parte de principios básicos acerca de la interpretación funcional de este dato. El tiempo de reacción es el intervalo que transcurre entre la presentación de un estímulo y el inicio de una respuesta voluntaria e indica por tanto la cantidad de procesamiento nervioso que se lleva a cabo entre un estímulo y la respuesta (Ghez & Krakauer, 2001).

El tiempo de reacción inicialmente fue considerado como un indicador del tiempo requerido para llevar a cabo completamente una operación mental determinada y constituía, por ende, la base de lo que se denominó ‘cronometría mental’. Pronto se fueron estableciendo los límites de las inferencias posibles a partir de los datos sobre la latencia de las respuestas. Sin embargo, a pesar de la diversidad de los mecanismos propuestos para explicar el tiempo de reacción, todos los modelos del procesamiento de la información asumen básicamente que los procesos cognitivos se llevan a cabo antes de la ejecución de la respuesta observable, de tal modo que ésta indica que el procesamiento previo ha sido completado. Por esta razón el interés primordial de la cronometría mental es la influencia de los factores que intervienen en el inicio de la respuesta y no cómo ésta es ejecutada. Sin embargo, se ha ido acumulando evidencia de que la respuesta misma puede ser influida tanto por los factores que afectan la identificación temprana de los estímulos como por los procesos de selección de la respuesta (Abrams & Balota, 1991).

Actualmente, la cronometría mental pretende descomponer una tarea motora, cognitiva o perceptual en una secuencia de estadios de procesamiento con base en los datos aportados por las medidas de tiempo de reacción aunados a los datos de la actividad cerebral obtenidos a través de técnicas invasivas o no invasivas, como el electroencefalograma (Formisano & Goebel, 2003). Desde esta perspectiva han surgido dos teorías que intentan explicar, cada cual a su manera, por qué sucede el efecto de concreción. Por un lado, la teoría de la codificación dual arguye que las palabras concretas se procesan más rápidamente y con mayor precisión que las abstractas porque las palabras concretas encuentran soporte en dos sistemas semánticos: uno verbal y otro imaginativo, mientras que el procesamiento de las palabras abstractas depende casi exclusivamente del sistema verbal. Por otro lado, la teoría de la disponibilidad del contexto atribuye el efecto de concreción al

hecho de que las palabras concretas cuentan con más recursos contextuales que las abstractas.

Claro está que el tiempo de reacción por sí solo no dice directamente nada acerca de los substratos neurofisiológicos presuntamente involucrados en las tareas cognitivas realizadas en función de la concreción; sin embargo, éste no deja de ser un dato que refleja directamente la resultante de todo lo que acontece en el sistema nervioso entre la presencia de un estímulo y la generación de una respuesta determinada en el contexto de una tarea que tiene el propósito de aislar un proceso psicológico específico.

El tiempo de reacción es una medida directa de la relación entre el comportamiento y el ambiente; en este caso particular, del comportamiento cognitivo ante estímulos verbales diferentes. Por lo tanto, mientras el sistema nervioso siga siendo mucho menos accesible que el comportamiento y el ambiente, como ya señalaba Skinner (1975), el tiempo de reacción seguirá siendo un dato imprescindible en cualquier estudio que pretenda inferir diferencias a nivel neurofisiológico en función de las operaciones específicas implicadas en las tareas utilizadas.

En lo que toca a las respuestas electrofisiológicas en el presente trabajo, y como resultado de las condiciones experimentales diseñadas con ese fin, se observó a los 400 ms una onda negativa, semejante al componente N400 descrito originalmente por Kutas y Hillyard (1980).

Este componente ha sido reportado en otros estudios, que lo relacionan con el efecto de concreción (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb et al, 1999; West & Holcomb, 2000). Esas investigaciones reportan una mayor negatividad ante palabras concretas que ante palabras abstractas, en cambio, en este estudio se observó lo contrario: una mayor negatividad ante palabras abstractas que ante palabras concretas y, por ende, tampoco se presentó la asimetría interhemisférica reportada por Kounios y Holcomb (1994), a saber, una mayor negatividad ante palabras concretas que ante palabras abstractas en el hemisferio derecho. Sin embargo, como en los estudios mencionados la negatividad fue mayor ante

palabras concretas que ante palabras abstractas en zonas anteriores. Inmediatamente después de la deflexión negativa se observó una onda positiva con pico máximo alrededor de los 600 ms como sucedió también en los estudios señalados arriba, sólo que a diferencia de éstos, la positividad fue mayor ante palabras concretas que ante palabras abstractas.

Aunque los resultados no mostraron del todo las diferencias esperadas en cuanto a la magnitud y distribución del componente N400 y de la positividad tardía, sí ponen de manifiesto que la actividad electrofisiológica presenta asimetrías inter e intrahemisféricas importantes en dependencia de la concreción o imaginabilidad de las palabras.

Para comprender e interpretar la relevancia de los resultados obtenidos es indispensable tener presente el propósito de la investigación, la novedad que se incluye en el diseño de la tarea utilizada, el significado funcional del componente N400 y los enfoques de las dos teorías capitales que se proponen explicar el efecto de concreción, a saber: la Teoría de la Codificación Dual y la Teoría de la Disponibilidad del Contexto.

El propósito de esta investigación a nivel electrofisiológico era replicar las diferencias encontradas en otros estudios con PREs en relación con la magnitud y distribución del componente N400 en función de la imaginabilidad (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb et al., 1999; West & Holcomb, 2000), empleando una tarea diferente a las utilizados en esos estudios, que permitiera acentuar las diferencias reportadas previamente en conformidad con la Teoría de la Codificación Dual.

En estudios previos se han usado tareas de decisión léxica y de categorización de las palabras en concretas y abstractas (Kounios & Holcomb, 1994), de juicios sobre el sentido o no de una oración (Holcomb et al., 1999), y de verificación de oraciones (West & Holcomb, 2000). Los autores de esas investigaciones asumen que sus tareas requieren de la integración semántica del significado de las palabras para discernir correctamente palabras de entre no palabras, para determinar qué tan imaginable o no es una palabra y en virtud de ello juzgar si es concreta o abstracta, para comprender si una oración tiene o no sentido o para juzgar si es verdadero o falso que una palabra sea fácil o difícilmente imaginable. Sin

embargo, todas esas tareas tienen en común la ausencia de una referencia directa al significado de una palabra por medio de una entrada verbal, además de que no piden explícitamente asociar una palabra con su significado.

En cambio, en la tarea utilizada en el presente estudio el significado de una palabra se encuentra referido por medio de una definición usual y la tarea misma consiste en juzgar si ese significado se encuentra asociado o no con una palabra dada. Así pues, la tarea utilizada en este estudio cabe dentro del modelo de juicio semántico, sólo que aquí se utilizan frases u oraciones en vez de palabras aisladas como sucede en diversos estudios que utilizan tareas de este tipo (Zwaan & Yaxley, 2003; Mathews, Maples, & Elkins, 1981; Chee, Hon, Caplan, Lee & Goh, 2002; Whatmough et al., 2004).

Originalmente el componente N400 fue observado ante finales de oración semánticamente anómalos, por lo que fue considerado como una manifestación de la interrupción del procesamiento semántico de una oración que sucede cuando una palabra es semánticamente inapropiada respecto del contexto y como un indicador del reprocesamiento o segunda mirada dentro del acervo semántico que ocurre cuando las personas buscan extraer el significado que da sentido a la oración (Kutas & Hillyard, 1980). Por esta razón, inicialmente se pensó que la violación semántica era el factor del cual dependía la aparición del componente N400, pero ya se ha demostrado que la violación semántica no es necesaria ni suficiente para suscitar dicho componente (Kutas & Kluender, 1994). No obstante, la N400 aún es aceptada ampliamente como una medida del procesamiento semántico (Brink, Brown & Hagoort, 2001; Quiroz, Y. T., 2003; Duarte Expósito, M. J., Nieto Barco, A., de Vega Rodríguez, M. & Barroso Ribal, J., 2004; Friedrich & Friederici, 2004; Supp, Schlögl, Fiebach, Gunter, Vigliocco, Pfurtscheller & Petsche, 2005; Kreher, Holcomb & Kruperberg, 2006) particularmente de los mecanismos de integración semántica durante tareas que requieren de esta información para ser resueltas correctamente.

La imaginabilidad o concreción parece relacionarse con el componente N400 de dos maneras: una principal o detonante y otra secundaria o moduladora. En los trabajos donde el componente N400 se observa fuera del ámbito de tareas que requieren de la detección de

alguna violación semántica (Kounios & Holcomb, 1994; West & Holcomb, 2000) la imaginabilidad aparece como el factor detonante del componente. En cambio en el trabajo de Holcomb y colaboradores (1999) cuya tarea sí incluye la detección de una violación semántica, la influencia de la imaginabilidad sobre el componente en cuestión parece ser más bien moduladora, ya que no aparece sino bajo la condición de incongruencia semántica que por sí misma basta para suscitar el componente N400 en el contexto de una tarea que requiere juzgar el sentido de una oración ante palabras finales cuyo significado es incongruente con el contexto.

En el presente trabajo la tarea utilizada también requiere de la detección de una especie de violación semántica: juzgar si una definición es congruente o no con una palabra. Pero no se ajusta como hace Holcomb y colaboradores (1999) al modelo clásico utilizado por Kutas y Hillyard (1980) donde se pide detectar la incongruencia entre el significado de una palabra y el contexto de una oración. Con ello se esperaba observar un efecto modulador sobre el componente N400 semejante al encontrado por Holcomb y colaboradores (1999), pero que estuviera más directamente relacionado con el acceso directo al significado de una palabra y no con la comprensión del sentido de una oración.

Los autores de las investigaciones mencionadas (Kounios & Holcomb, 1994; Holcomb et al., 1999; West & Holcomb, 2000) interpretan el efecto de concreción relacionado con el componente N400 en el marco de dos enfoques fundamentales: la Teoría de la Codificación Dual (TCD) y el Modelo de la Disponibilidad del Contexto (MDC). Por un lado, el primer enfoque (Paivio, 2007) propone la existencia de dos sistemas semánticos independientes: uno verbal y otro imaginativo. Según la TCD el procesamiento del significado de las palabras concretas es llevado a cabo por ambos sistemas, mientras que el de las palabras abstractas corre por cuenta casi exclusivamente del sistema verbal. Por otro lado, el segundo enfoque (Schwanenflugel, 1991) propone que existe un único sistema semántico. Desde la perspectiva del MDC el procesamiento del significado de las palabras concretas y abstractas sólo difiere por la cantidad de recursos contextuales con los que cuenta cada tipo de palabra dentro de un mismo sistema representacional.

Así, pues, asumiendo que el componente N400 es sensible a los procesos de integración semántica los autores señalados arriba consideran que la mayor negatividad observada ante palabras concretas en comparación con las abstractas y la distribución asimétrica de esta diferencia sugieren que durante el procesamiento de las palabras concretas interviene más de un sistema representacional, por lo que sus resultados son más consistente con la TCD que con el MDC. Pues si las diferencias entre las palabras concretas y las abstractas sólo se debieran a la cantidad de recursos contextuales con que cuenta cada tipo de palabra dentro un mismo sistema representacional, entonces podría esperarse una diferencia en cuanto a la magnitud del componente pero no en cuanto a su distribución en la corteza cerebral.

En conformidad con los trabajos antes mencionados, en la presente investigación se buscaba replicar y acentuar los resultados encontrados en torno al componente N400 en relación con el efecto de concreción. Se esperaba que hubiera un incremento de las diferencias reportadas previamente puesto que la tarea usada aquí hacía referencia explícita al significado de las palabras por medio de una entrada verbal que consistía en una definición usual y porque la tarea misma consistía propiamente en asociar de manera directa un significado con una palabra.

En efecto, desde el enfoque de la TCD, la expresión verbal del significado de las palabras concretas y de las abstractas por medio de una definición usual activaría inicialmente el sistema verbal. La actividad de este sistema sería mayor para las palabras abstractas porque los conceptos a los que se refieren mantienen una conexión representacional con las palabras y porque, además, los rasgos semánticos que los integran se componen principalmente de asociaciones entre los elementos que componen la estructura del sistema verbal. Por el contrario, los conceptos concretos no tienen una conexión representacional directa con las palabras, sino con los estímulos no verbales a partir de los cuales se componen las imágenes de los objetos percibidos, razón por la cual el acceso verbal al significado de las palabras concretas activaría principalmente el sistema imaginativo a través de las conexiones referenciales entre los logógenos y los imágenes.

Ahora bien, los resultados de este estudio muestran que ante palabras abstractas la negatividad fue mayor que ante palabras concretas en el hemisferio izquierdo y en zonas posteriores de ambos hemisferios. Esta diferencia considerada en sí misma parece reflejar un comportamiento del componente N400 completamente inverso al reportado antes. Pero una mirada a la forma del componente permite observar que la mayor negatividad ante palabras abstractas que ante concretas no se debe en este caso a una mayor magnitud del componente N400, sino al hecho de que la deflexión negativa tuvo ligeramente una mayor latencia para las palabras abstractas sobre todo en regiones posteriores y también al hecho de que en el hemisferio izquierdo incluso ante la condición de congruencia se presentó una deflexión negativa, además de que la diferencia entre la condición de congruencia e incongruencia fue menor para las palabras abstractas que para las concretas.

La ausencia de interacción entre la imaginabilidad y la congruencia que se manifiesta en el hecho de que el componente N400 no haya sido mayor para las palabras concretas incongruentes que para las abstractas incongruentes, como se esperaba, sugiere en primera instancia que el procesamiento de ambos tipos de palabras no difirió en cuanto a la cantidad de recursos contextuales. Aunado a lo anterior, si se considera que las palabras estuvieron igualadas en cuanto a su frecuencia de uso, parece que los resultados son más consistentes con el MDC. Pero por otra parte, siguiendo el principio de la distinción espacial propuesto por Holcomb y colaboradores (1999) las diferencias inter e intrahemisféricas encontradas alrededor de los 400 ms en dependencia del tipo de palabra sugieren la intervención de dos sistemas representacionales diferentes como propone la TCD.

Por un lado, la mayor negatividad observada en el hemisferio izquierdo ante palabras abstractas en comparación con las concretas sugiere que durante el procesamiento las primeras el recurso al sistema verbal fue mayor que durante el procesamiento de las segundas. Por otro lado, el hecho de que en la región anterior del hemisferio derecho ante palabras concretas hubo mayor negatividad que ante abstractas, sugiere que el sistema imaginativo intervino principalmente en el procesamiento de las palabras concretas, si bien es cierto no se descarta que también haya participado secundariamente en el procesamiento de las palabras abstractas.

El hecho de que el procesamiento de las palabras abstractas recurra frecuentemente de manera secundaria a un sistema semántico imaginativo parece probable si se considera que incluso los conceptos abstractos en última instancia tienen una referencia concreta, pues comprenden clases de cosas, estados o relaciones entre las cosas. A este respecto cabe señalar la distinción entre dos procesos imaginativos señalada por Cartwright, Marks & Durrett (1978): uno *figural*, que consiste en la representación directa de un objeto por medio de la imagen mental que se tiene de él y en ausencia de una entrada sensorial concomitante y otro *simbólico*, cuando una imagen mental ilustra indirectamente un concepto abstracto.

La positividad tardía podría ser relacionada por su latencia con el componente P600 también llamado SPS (*syntactic positive shift*). Este componente se encuentra asociado con la detección de anomalías sintácticas (Gunter, Friederici & Schiefers, 2000; Hahne, Mueller & Clahsen, 2006; Rispens, Been & Zwarts, 2006; Ericsson, Olofsson, Nordin, Rudolfsson & Sandström, 2008) o con los procesos de revisión de la interpretación de una frase (Proverbio & Zani, 2003). En este caso particular no se incluyó ninguna violación sintáctica, por lo que el componente encontrado alrededor de los 600 ms indicaría más bien el proceso que se llevó a cabo cuando los participantes tuvieron que revisar nuevamente la interpretación de una definición cuando ésta no se conformaba con el significado sugerido por la palabra y en este sentido cabría mejor considerarlo como un LPC (*Late Positive Component*) que se encuentra asociado sobre todo con aspectos generales de la toma de decisión.

Aunque también podría estar asociado con el componente P3 en el sentido señalado por Holcomb y colaboradores (1999) para quienes esta positividad es sensible al grado de ambigüedad del ítem que es relevante para tomar la decisión que requiere la tarea. Esta interpretación se ajusta bien a los resultados obtenidos por Holcomb y colaboradores (1999) pues ellos encontraron una mayor positividad ante palabras abstractas que ante palabras concretas, dado que comúnmente las palabras abstractas suelen tener múltiples acepciones o significados más ambiguos que las palabras concretas.

En la presente investigación la positividad fue mayor ante palabras concretas que ante palabras abstractas bajo la condición de incongruencia, principalmente en zonas posteriores. En cambio ante palabras abstractas fue mayor que ante palabras concretas bajo la condición de congruencia en zonas anteriores. No es posible que las palabras concretas hayan tenido significados más ambiguos que los de las palabras abstractas, por lo que la positividad encontrada en este caso parece indicar que bajo la condición de incongruencia ante palabras concretas los procesos de reinterpretación de la definición que se opone al significado que sugiere la palabra se acentúan debido a la escasa ambigüedad de los conceptos concretos, en cambio la mayor positividad ante palabras abstractas bajo la condición de congruencia, parece estar más conforme con la interpretación de Holcomb y colaboradores (1999), puesto que es muy probable que ante palabras abstractas bajo la condición de congruencia también se hayan puesto en marcha los mecanismos de revisión de la definición dado que los conceptos abstractos suelen ser más ambiguos que los concretos.

Definitivamente, limitándose a los antecedentes teóricos y experimentales más inmediatos con los cuales se vincula esta investigación, los resultados conductuales y electrofisiológicos reportados en el presente estudio son más consistentes con la Teoría de la Codificación Dual que propone la existencia de dos sistemas representacionales diferentes que con el Modelo de la Disponibilidad del Contexto que propone la existencia de un único sistema representacional.

Sin embargo, cabe puntualizar otras líneas de posible interpretación de los datos obtenidos aunque no se desarrollen ampliamente en esta discusión. Primera, el hecho de que a nivel conductual se haya obtenido un claro efecto de concreción mientras que a nivel de los PREs no se haya observado éste para el componente N400 sugiere que el tiempo de reacción y la actividad electrofisiológica son sensibles a diferentes aspectos de las operaciones que se llevan a cabo durante el desempeño de tareas que requieren del procesamiento semántico.

Segunda, el hecho de que a nivel de los PREs el componentes N400 análogo y la positividad tardía (LPC) no hayan mostrado el comportamiento esperado puede explicarse

por la influencia que sobre la señal electrofisiológica pudo tener la intervención de una operación distinta a la del mero acceso e integración semántica, dado que la tarea pudo implicar un proceso adicional de pensamiento además de una colaboración más intensa de la memoria de trabajo.

CONCLUSIÓN

Todos nuestros conocimientos se encuentran más o menos ligados con las imágenes de los objetos que impresionan nuestros sentidos, a su vez hemos adquirido este conocimiento inmersos en una comunidad de hablantes que nos enseñó a nombrar las cosas por su nombre y dentro de la cual tienen sentido las oraciones que proferimos; de este modo el lenguaje y la imaginación constituyen dos aspectos del conocimiento humano estrechamente relacionados no obstante sus diferencias representacionales.

Se ha visto a lo largo de este estudio que existe evidencia proveniente de varias fuentes de que al menos en parte el procesamiento del significado de las palabras concretas difiere del de las abstractas debido principalmente al hecho de que las primeras recurren fundamentalmente a la imaginación mientras que las segundas suelen restringirse a formulaciones verbales. Los resultados de este trabajo corroboran el hecho antes mencionado, si bien en un sentido distinto al de los estudios PREs previos.

Finalmente, los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran el hecho de que la relación que guardan los conceptos y las palabras que los designan con sus referentes sensoriales constituye un fenómeno complejo que, por ende, implica una serie de dificultades inherentes cuando se trata de aislar el aspecto representacional de otras operaciones involucradas en las tareas que se utilizan para estudiar las diferencias del procesamiento semántico en función de la imaginabilidad. En este sentido, el Modelo de la Disponibilidad del Contexto y la Teoría de la Codificación Dual constituyen dos enfoques teóricos fundamentales que se proponen explicar el fenómeno señalado. Si bien en algunos aspectos esas teorías son irreconciliables, cada una de ellas acentúa un aspecto importante e imprescindible del conocimiento humano, dando mayor peso específico a uno sobre otro: por un lado, la historia personal de cada sujeto que constituye su bagaje particular de conocimiento donde interviene el aprendizaje y la influencia de su ambiente y cultura; por otro lado, la estructura biológica innata del sistema nervioso humano que ha desarrollado, en virtud de presiones evolutivas específicas, estructuras dedicadas a operaciones distintas de la percepción sensorial tales como son el lenguaje y el pensamiento.

REFERENCIAS

- ABRAMS, R. A. & BALOTA, D. A. (1991). Mental chronometry: beyond Reaction Time. *American Psychological Society*, 2 (3), 153-157.
- AFIFI, A. K. & BERGMAN, R. A. (1999). Neuroanatomía Funcional (A. Sandoval Romero, Trad). México, D.F.: McGraw-Hill, pp. 459-494.
- ALCARAZ ROMERO V. M. (2001). Neurofisiología del lenguaje. En V. M. Alcaraz Romero y E. Gumá Diaz (Eds). *Texto de Neurociencias cognitivas* (pp. 235-279). Guadalajara, Jal., México: Manual Moderno.
- ALTENMÜLLER, E. O., MÜNTE, TH. F. & GERLOFF, CH. (2005). Neurocognitive Functions and the EEG. En E. Niedermeyer & F. Lopes da Silva (Eds.). *Electroencephalography. Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields* (5a ed.) (pp. 661-682). Philadelphia, EE. UU.: Lippincott Williams & Wilkins.
- AMARAL, D. G. (2001). Organización funcional de la percepción y el movimiento (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino & F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 337-348). Madrid, España: McGraw-Hill.
- ANDREASSI, J. L. (2000). *Psychophysiology human behavior and psychological response* (4a. ed.). Mahwah, New Jersey., EE. UU.: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 12-40.
- ARDILA, A. (2005). *Las afasias*. Guadalajara, Jal., México: Universidad de Guadalajara, pp. 123-154.
- ARISTÓTELES (traducido en 2000b). *Acerca del alma* (T. Calvo Martínez, Trad.). Madrid, España: Gredos.
- AVECILLA RAMÍREZ, G. N., SILVA PEREYRA, J. F., HARMONY, T. & SÁNCHEZ MORENO, L. (2003). La memoria de trabajo en el procesamiento semántico y sintáctico en niños con deficiencias en la lectura. En E. Matute Villaseñor (Ed.). *Cerebro y lectura* (pp. 103-136). Guadalajara, Jal., México: Universidad de Guadalajara.
- BARKER, R. A. & BARASI, ST. (2002). *Neurociencia en esquemas* (T. A. Mascitti, Trad.). Barcelona: Ars Medica. pp. 46-61.
- BELARDINELLI, M. O., MATTEO, R., GRATTA, C., NICOLA, A., FERRETI, A., TARTARO, A., BONOMO, L. & ROMANI, G. L. (2004). Intermodal sensory image generation: An fMRI analysis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16 (5), 729-752.

- BINDER, J. R., WESTBURY, C. F., MCKIERNAN, K. A., POSSING, E. T. & MEDLER, D. A. (2005). Distinct brain systems for processing concrete and abstract concepts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17 (6), 905-917.
- BORING, E. G. (1978). *Historia de la Psicología experimental*. (R. Ardila Trad.) México, D.F.: Trillas (trabajo original publicado en 1950). pp. 297-317, 529-572.
- BRINK, D., BROWN, C. M. & HAGOORT, P. (2001). Electrophysiological evidence for early contextual influences during spoken-word recognition: N200 versus N400 effects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13 (7), 967-985.
- CACIOPPO, J. T., TASSINARY, L. G. & BERNTSON, G. G. (2000). Psychophysiological science. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.). *Handbook of Psychophysiology* (2a ed.) (pp. 3-23). EE. UU.: Cambridge University Press.
- CARRETIÉ-ARANGÜENA, L. (2001). *Psicofisiología*. Madrid, España: Pirámide, pp. 21-43.
- CARTWRIGHT, D. S., MARKS, M. E. & DURRET, J. H. (1978). Definition and measurement of three processes of imagery representation: exploratory studies of verbally stimulated imagery. *Multivariate Behavioral Research*, 13, 449-473.
- CHEE, M. W. L., HON, N. H. H., CAPLAN, D., LEE, H. L. & GOH, J. (2002). Frequency of concrete words modulates prefrontal activation during semantic judgments. *NeuroImage*, 16, 259-268.
- CHURCHLAND, P. S. (2002). *Brain-Wise. Studies in Neurophilosophy*. Cambridge, Massachusetts, EE. UU.: MIT Press, pp. 273-319.
- COLLINS, M. & FREW, A. (2001). Right hemisphere contributions to the comprehension of low-imagery words. *Laterality*, 6 (2), 111-132.
- CRUTCH, S. J. (2006). Qualitatively different semantic representations for abstract and concrete words: further evidence from the semantic reading errors of Deep Dyslexia patients. *Neurocase*, 12, 91-97.
- CRUTCH, S. J., RIDHA, B. H. & WARRINGTON, E. K. (2006). The different frameworks underlying abstract and concrete knowledge: evidence from a bilingual patient with a Semantic Refractory Access Dysphasia. *Neurocase*, 12, 151-163.
- CRUTCH, S. J. & WARRINGTON, E. K. (2005). Abstract and concrete concepts have structurally different representational frameworks. *Brain*, 128, 615-627.
- CRUTCH, S. J. & WARRINGTON, E. K. (2006). Partial Knowledge of abstract words in patients with cortical degenerative conditions. *Neuropsychology*, 20 (4), 482-489.

- DAMASIO, A. R. & DAMASIO, H. (2001). Brain and language. En Scientific American (eds.). *The Scientific American book of the brain* (pp. 29-41). EE. UU.: Lyons. (Trabajo original publicado en Septiembre de 1992)
- DAVIDSON, R. J., JACKSON, D. C & LARSON, CH. L. (2000). Human electroencephalography. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.). *Handbook of Psychophysiology* (2a ed.) (pp. 27-52). Massachusetts, EE. UU.: Cambridge University Press.
- DESCARTES, R. (1999). *Meditaciones metafísicas* (M. Machado Trad.). México, D. F.: Porrúa (Trabajo original publicado en 1641). pp. 81-90.
- DOEST, L. & SEMIN, G. (2005). Retrieval contexts and the concreteness effect: Dissociations in memory for concrete and abstract words. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17 (6), 859-881.
- DUARTE EXPÓSITO, M. J., NIETO BARCO, A., DE VEGA RODRÍGUEZ, M. & BARROSO RIBAL, J. (2004). Potenciales evocados cerebrales asociados al efecto de imaginabilidad en el procesamiento semántico. *Revista de Neurología*, 39 (12), 1123-1128.
- ELMAN, J. L. (2004). An alternative view of the mental lexicon. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 8 (7), 301-306.
- ERICSSON, E., OLOFSSON, J. K., NORDIN, S., RUDOLFSSON, T. & SANDSTRÖM, G. (2008). Is the P600/SPS affected by the richness of semantic content? A linguistic ERP study in Swedish. *Scandinavian Journal of Psychology*, 49, 1-9.
- EULITZ, C. & LAHIRI, A. (2004). Neurobiological evidence for abstract phonological representations in the mental lexicon during speech recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (4), 577-583.
- FABIANI, M., GRATTON, G. & COLES, M. G. H. (2000). Event-related brain potentials. Methods, Theory, and Applications. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.). *Handbook of Psychophysiology* (2a ed.) (pp. 53-84). Massachusetts, EE. UU.: Cambridge University Press.
- FAHRA, M. (2000). *The Cognitive Neuroscience of Vision*. Malden, Massachusetts, EE. UU.: Blackwell. pp. 252-289.
- FEDERMEIER, K. D., KLUENDER, R. & KUTAS, M. (2003). Aligning linguistic and brain views on language comprehension En A. Zani & A. M. Proverbio (Eds.). *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 143-168). Sn. Diego, California, EE. UU.: Academia Press.
- FIEBACH, C. J. & FRIEDERICI, A. D. (2003). Processing concrete words: fMRI evidence against a specific right-hemisphere involvement. *Neuropsychologia*, 42, 62-70.

- FLIESSBACH, K., WEIS, S., KLAVER, P., ELGER, C.E. & WEBER, B. (2006). The effect of word concreteness on recognition memory. *NeuroImage*, 32, 1413–1421.
- FORGUS, R. H. (1973). *Percepción, proceso básico en el desarrollo cognoscitivo*. (E. Galindo, Trad.) México: Trillas. pp. 338-368.
- FORMISANO, E. & GOEBEL, R. (2003). Tracking cognitive processes functional MRI mental chronometry. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 174-181.
- FRIEDRICH, M. & FRIEDERICI, A. D. (2004). N400-like semantic incongruity effect in 19-Month-Olds: processing known words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (8), 1465-1477.
- GALLESE, V. (2003). A neuroscientific grasp of concepts: from control to representation. *Philosophical transaction of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358, 1231-1240.
- GARDNER, P. T. & MARTIN, J. H. (2001). Codificación de la información sensorial (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino & F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 411-429). Madrid, España: McGraw-Hill. (Trabajo original publicada en 2000).
- GAZZANIGA, M. S. (2001). The split brain revisited. En Scientific American (eds.). *The Scientific American book of the brain* (pp. 129-138). EE. UU.: Lyons. (Trabajo original publicado en julio de 1998)
- GESCHEIDER, G. A. (1997). *Psychophysics: The fundamentals* (3a. ed.). Mahwah, N.J. , EE.UU.: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 1-14.
- GUEVARA PÉREZ, M. A. & HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. (2006). *Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual*. Guadalajara, Jal., México: Universidad de Guadalajara. pp. 84-88.
- GHEZ, C. & KRAKAUER, J., (2001), Organización del movimiento (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino & F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 653-673). Madrid, España: McGraw-Hill. (Trabajo original publicad en 2000).
- GUMÁ-DÍAZ, E. (2001). La memoria humana. En V. M. Alcaraz Romero & E. Gumá Díaz (Eds.). *Texto de Neurociencias cognitivas* (pp. 195-234). México, D.F.: Manual Moderno.
- GUNTER, T. C., FRIEDERICI, A. D. & SCHRIEFERS, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy : ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (4), 556-568.

- HAHNE, A., MUELLER, J. L. & CLAHSSEN, H. (2006). Morphological processing in a second language: behavioral and Event-Related Brain Potential evidence for storage and decomposition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (1), 121-134.
- HARNER, P. SANNIT, T. (1974). *A Review of the International Ten-Twenty System of Electrode Placement* (Booklet). Grass Instrument Company.
- HOLCOMB, PH. J., KOUNIOS, J., ANDERSON, J. E., WEST, C. W. (1999). Dual-Coding, Context-Availability, and concreteness effects in sentence comprehension: An electrophysiological investigation. *Journal of Experimental Psychology*, 25, 721-742.
- JAMES, C. (1975). The role of semantic information in lexical decisions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 104 (2), 130-136.
- JAMES, W. (1994). *Principios de psicología*. (A. Bárcena Trad.). México: Fondo de Cultura Económica. (Trabajo original publicado en 1890). pp. 272-278, 557-590.
- JUST, M. A., NEWMAN, S. D., KELLER, T. A., MCELENEY, A. & CARPENTER, P. A. (2004). Imagery in sentence comprehension: an fMRI study. *NeuroImage*, 21, 112-124.
- KANDEL, E. R (2001). Neurobiología de la conducta (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino, F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell, (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 5-18). Madrid: McGraw-Hill. (Trabajo original publicado en 2000)
- KANDEL, E. R. (2001b). De las células nerviosas a la cognición: La representación celular interna necesaria para la percepción y la acción (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino & F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 381-403). Madrid, España: McGraw-Hill. (Trabajo original publicad en 2000).
- KIEHL, K. A., LIDDLE, P. F., SMITH, A. M., MENDREK, A., FORSTER, B. B. ROBERT & HARE, D. (1999). Neural Pathways Involved in the Processing of Concrete and Abstract Words. *Human Brain Mapping*, 7, 225–233.
- KIRK, G. S. & RAVEN, J. E. (1981). Los filósofos presocráticos (J. García Fernández, Trad.). Madrid, España: Gredos, pp. 556-592.
- KLEIN, I., PARADI, A.-L., POLINE, J.-B., KOSSLYN, S. M. & BIHAN, D. L. (2000). Transient acitivity in the human calacarine cortex during visual-mental imagery: An Event-Related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, pp. 15-23.
- KOLB, B. & WISHAW, I. Q. (1986). *Fundamentos de neuropsicología humana*. Barcelona: Labor, pp. 315-34

- KOSSLYN, S. M. (2005). Mental images and the brain. *Cognitive Neuropsychology*, 22 (3/4), 333-347.
- KOSSLYN, S. M., GANIS, G. & THOMPSON, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Neuroscience*, 2, 635-642.
- KOUNIOS, J. & HOLCOMB, PH. J. (1994). Concreteness effects in semantic processing: ERP evidence supporting Dual-Coding Theory. *Journal of Experimental Psychology*, 20 (4), 804-823.
- KUTAS, M. & HILLYARD, A. ST. (1980). Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity. *Science*, 207 (11), 203-204.
- KUTAS, M. & KLUENDER, R. (1994). What is who violating? A reconsideration of linguistic violations in light of Event-Related Brain Potentials. En H.-J. Heinze, T. F. Münte & G. R. Mangun (Eds.). *Cognitive Electrofisiology* (pp. 183-209). EE.UU.: Birkhäuser
- KUTAS, M. & VAN PETTEN, C. K. (1994). Psycholinguistics Electrified. Event-related Brain Potentials investigations. En M. A. Gernsbacher (Ed.). *Handbook of psycholinguistics* (pp. 83-142). San Diego, EE.UU.: Academic Press
- LARA, L. F. (2006). *Diccionario del español usual en México*. México, D.F.: El Colegio de México.
- LOCKE, J. (1963). *Ensayo sobre el entendimiento humano* (L. Rodríguez Aranda, Trad.). Buenos Aires, Argentina: Aguilar. (Trabajo original publicado en 1690)
- MARTIN, A. & CHAO, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Elsevier Science*, 11, 194-201.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M. (1995). *Psicofisiología*, Madrid, España: Síntesis. pp. 33-60.
- MATHEWS, R. C., MAPLES, R. C. & ELKINS, R. (1981). Semantic judgments as encoding operations in recall: the encoding of task-relevant and task-irrelevant semantic attributes of words. *The Journal of General Psychology*, 105, 311-320.
- MATUTE VILLASEÑOR, E. (2001). Neuropsicología de la lectura. En V. M. Alcaraz Romero & E. Gumá Díaz (Eds.). *Texto de Neurociencias cognitivas* (pp. 281-306). México, D.F.: Manual Moderno.
- MELLET, E., TZOURIO, N., DENIS, M. & MAZOYER, B. (1998). Cortical anatomy of mental imagery of concrete nouns based on their dictionary definition. *NeuroReport*, 9, 803-808.

- MONSALVE GONZÁLEZ, A. (2001). El rendimiento del hemisferio derecho condicionado por el grado de imaginabilidad de las palabras en una tarea de decisión léxica con priming semántico. *Anales de Psicología*, 17 (2), 235-246.
- MURPHY, G. L. (2004). *The big book of concepts*. Massachusetts, EE. UU.: MIT Press, p. 385.
- PAIVIO, A. (2007). *Mind and its evolution. A Dual Coding theoretical approach*. Mahwah, New Jersey, EE. UU.: Lawrence Erlbaum. pp. 25-57, 142-180.
- PLATÓN (traducido en 2000). *La República* (C. Eggers Lan, Trad.) Madrid, España: Gredos.
- PROVERBIO, M. & ZANI, A. (2003). Electromagnetic manifestations of mind and brain. En A. Zani & A. M. Proverbio (Eds.). *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 13-40). Sn. Diego, California, EE. UU.: Academia Press.
- PULVERMÜLLER, F. (2001). Brain reflections of words and their meaning. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5 (12), 517-524.
- PYLYSHYN, Z. (2003). Return of the mental image: are there really pictures in the brain? *TRENDS in Cognitive Science*, 7 (3), pp. 113-118.
- RACHLIN, H. (1976). *Behavior and learning*. Sn. Francisco, EE. UU.: W. H. Freeman and Company, pp. 1-51.
- RAINS, D. G. (2004). *Principios de Neuropsicología humana* (V. Campos Trad.). México, D. F.: McGraw-Hill, pp. 89-121.
- REICHLER, E. D., CARPENTER, P. A. & JUST, M. A. (2000). The neural bases of strategy and skill in sentence-picture verification. *Cognitive Psychology*, 40, 261-295.
- RISPENS, J. E., BEEN, P. H. & ZWARTS, F. (2006). Brain responses to subject-verb agreement violations in spoken language in developmental dyslexia: an ERP study. *Dyslexia*, 12, 134-149.
- SABSEVITZ, D.S., MEDLER, D.A., SEIDENBERG, M. & BINDER, J.R. (2005). Modulation of the semantic system by word imageability. *NeuroImage*, 27, 188-200.
- SCHIFFMAN, H. R. (2004). *Sensación y Percepción. Un enfoque integrador* (G. Padilla Sierra & J. L. Núñez Herrejón, Trad.). México, D.F.: Manual Moderno, pp. 2-10. (Trabajo original publicado en 2001).
- SCHWANENFLUGEL, P. J. & STOWE, R. W. (1989). Context availability and the processing of abstract and concrete words in sentences. *Reading Research Quarterly*, 24 (1), 114-126.

- SCHWANENFLUGEL, P. J. (1991). Why are abstract concepts hard to understand? En P. J. Schwanenflugel (Ed.). *The psychology of word meanings* (pp. 223-250). Hillsdale, New Jersey, EE. UU.: Lawrence Erlbaum Associates.
- SKINER, B. F. (1975). *Sobre el conductismo*. Barcelona, España: Fontanella. pp. 189-197.
- SUPP, G. G., SCHLÖGL, A., FIEBACH, C. J., GUNTER, T. C., VIGLIOCCO, G., PFURTSCHELLER, G. & PETSCH, H. (2005). Semantic memory retrieval: cortical couplings in object recognition in the N400 window. *European Journal of Neuroscience*, 21, 1139-1143.
- TRANEL, D. & DAMASIO, A. R. (2000). Neuropsychology and behavioral neurology. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.). *Handbook of Psychophysiology* (2a ed.) (pp. 119-141). Cambridge, Massachusetts, EE. UU.: Cambridge University Press.
- ULLMAN, M. T. (2001). A neurocognitive perspective on language: the declarative/procedural model. *Nature Neuroscience*, 2, 717-726.
- VALLE ARROYO, F. (1998). *Normas de imaginabilidad*. España: Universidad de Oviedo.
- WARRINGTON, E. K. (1981). Concrete word dyslexia. *British Journal of Psychology*, 72, 175-196.
- WARRINGTON, E. K., MCKENNA, P. & ORPWOOD, L. (1998). Single word comprehension: A concrete and abstract word synonym test. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8 (2), 143-154.
- WEST, W. C. & HOLCOMB, PH. J. (2000). Imaginal, Semantic, and Surface-Level Processing of Concrete and Abstract Words: An Electrophysiological Investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (6), 1024-1037.
- WHATMOUGH, CH., VERRET, L., FUNG, D., CHERTKOW, H. (2004). Common and contrasting areas of activation for abstract and concrete concepts: an H₂¹⁵O PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (7), 1211-1226.
- WURTZ, R. H. & KANDEL, E. R. (2001). Vías visuales centrales (J. L. Agud Aparicio, I. Álvarez Beriola, C. de Dios Perrino & F. Ruiz Ayuso, Trads.). En E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessell (Eds.). *Principios de Neurociencia* (4a ed.) (pp. 523-547). Madrid, España: McGraw-Hill. (Trabajo original publicada en 2000).
- ZANI, A. & PROVERBIO, M. (2003). Cognitive electrophysiology of mind and brain. En A. Zani & A. M. Proverbio (Eds.). *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 3-11). San Diego, California, EE. UU.: Academia Press.

- ZANNINO, G. D., PERRI, R., PASQUALETTI, P., CALTAGIRONE, C. & CARLESIMO, G. A. (2006). Analysis of the semantic representations of living and nonliving concepts: A normative study. *Cognitive Neuropsychology*, 23 (4), 515-540.
- ZARABOZO, D. (septiembre de 1998). EsVis_W: estímulos visuales y tiempo de reacción. VI Concurso Nacional de Instrumentación Biomédica (Mención Especial). San Luis Postosí, S.L.P.
- ZEKI, S. (1999). Splendours and miseries of the Brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences (Phil. Trans. R. Soc. Lond. B)*, 354, 2053-2065.
- ZEKI, S. (2001). The visual Image in mind and brain. En *Scientific American* (eds.). *The Scientific American book of the brain* (pp. 17-28). EE. UU.: Lyons. (Trabajo original publicado en septiembre de 1992)
- ZWAAN, R. A. & YAXLEY, R. H. (2003). Hemispheric difference in semantic-relatedness judgments. *Cognition*, 87, B79-B86.

ANEXO A



INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES

CUCBA, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO, ORIENTACIÓN
NEUROCIENCIA

Francisco de Quevedo 180, Arcos Vallarta • 44130 Guadalajara, Jal. México
Teléfono / Fax 3818-0740

Por este medio hago constar mi consentimiento para participar en el estudio “Diferencias inter e intrahemisféricas durante la percepción de palabras concretas y abstractas” que realiza el Lic. Marco Arturo Castro Salas, quien me ha informado sobre las principales características del estudio. Entiendo que el estudio implementa una técnica no invasiva e inocua (EEG), que no me administrarán ningún medicamento, que consiste en una sesión de 2 hrs aprox., de la cual podré retirarme en el momento que así lo decida y que los resultados serán manejados en forma confidencial.

Guadalajara, Jal., ____ de _____ de 2008.

Nombre y firma del participante

Lic. Marco Arturo Castro Salas

Dr. Daniel Zarabozo E. de R.
Responsable del Proyecto de
Investigación

ANEXO B



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Diferencias inter e intrahemisféricas durante la percepción de palabras concretas y abstractas.

CON NÚMERO DE REGISTRO ET022007- 42

RESPONSABLE Dr. Daniel Zarabozo E. de R.

NOMBRE DEL ALUMNO Marco Arturo Castro Salas

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS: _____

Handwritten signature

ANEXO C
CUESTIONARIO CONTROL

Nombre: _____

Fecha de nacimiento: _____

Correo electrónico: _____

¿Cuál es tu nivel concluido de estudios?

¿Tienes vista normal o usas lentes?

Normal () Lentes ()

Si usas lentes ¿los traes para la sesión experimental?

¿El español es tu idioma materno?

¿Hablas otro idioma aparte del español?

¿Tienes dificultades para leer?

¿Tienes dislexia diagnosticada?

¿Has sufrido algún golpe con pérdida del conocimiento?

¿Has tenido un acceso epiléptico?

¿Se te ha diagnosticado algún padecimiento psiquiátrico?

¿Ingeriste alguna droga dentro de las 24 hrs anteriores a esta sesión?

Prueba de ANNET

Indica con cuál mano ejecutas frecuentemente las acciones que aparecen en la lista:

ACCIONES	MANO		
	DERECHA	IZQUIERDA	AMBAS
Escribir con lápiz			
Lanzar pelotas			
Empuñar raqueta			
Encender fósforo			
Empuñar un martillo			
Cepillarse los dientes			
Cortar con tijera			
Enhebrar aguja			
Empuñar escoba			
Empuñar pala			
Repartir naipes			
Desenroscar la tapa de un refresco			

ANEXO D

Prueba de lectura (Edgar Allan Poe. El enterramiento prematuro)

Hay ciertos temas cuyo interés es de lo más absorbente, pero que son demasiado horribles para los fines que persigue la novela de verdadero valor literario. Los autores románticos deben evitarlos si no quieren ofender o desagradar. Esos temas sólo se tratan debidamente cuando la severa y majestuosa autenticidad los santifican y sostienen. Nos estremecemos, por ejemplo, con la más intensa «angustia voluptuosa» al leer los relatos del paso del Beresina, el terremoto de Lisboa, la peste que asoló Londres, la matanza de la Noche de San Bartolomé o la muerte por asfixia de los ciento veintitrés prisioneros del Pozo Negro de Calcuta. Pero en estos relatos es el hecho, es la realidad, es la historia lo que nos excita. Si fueran invenciones, las consideraríamos con un sentimiento de aversión.

He mencionado unas pocas de entre las más descollantes y memorables calamidades registradas, pero en ellas es la magnitud no menos que el carácter de la calamidad lo que nos impresiona tan vivamente la imaginación. No necesito recordar al lector que, de la larga y horripilante lista de padecimientos humanos, hubiera podido elegir no pocos ejemplos individuales más henchidos de angustia esencial que cualquiera de esos grandes desastres colectivos. Porque, en verdad, el auténtico dolor, el colmo del sufrimiento es individual, no multitudinario. ¡El hecho de que los espantosos extremos de la agonía sean soportados por el hombre en cuanto unidad y nunca por el hombre en cuanto masa es algo que hemos de agradecer a un Dios Misericordioso!

De estos extremos el ser enterrado vivo es, sin género de duda, el más terrorífico que puede tocar en suerte a un ser humano. Y que toca en suerte con frecuencia, con mucha frecuencia, no osarán negarlo las personas con entendimiento. Las fronteras que separan la Vida de la Muerte, son en el mejor de los casos, vagas e imprecisas. ¿Quién podría decir dónde acaba la una y dónde empieza la otra? Sabemos que hay enfermedades en las que sobreviene un cese total de todas las funciones aparentes de la existencia y, en las que no obstante, este cese es una mera suspensión, si hemos de llamarlo con propiedad. Es sólo una pausa en ese incomprensible mecanismo. Transcurre cierto tiempo y un misterioso e invisible principio vuelve a poner en movimiento los piñones mágicos y los engranajes embrujados. El hilo de plata no se había desatado para siempre ni roto irreparablemente el cuenco de oro. Pero, entretanto, ¿dónde estaba el alma?

ANEXO E

ESTÍMULOS CONCRETOS: *Target* (PALABRAS) y palabras correspondientes a las definiciones incongruentes (DEFINICIONES) con sus respectivos índices de imaginabilidad (IMAG) y frecuencia de uso (CEMC).

PALABRAS	IMAG M (DS)	CEMC (* / 1'891,045)	DEFINICIONES	IMAG M (DS)
ABANICO	6.77 (0.67)	10	AGUA	6.58 (1.28)
ABEJA	6.02 (1.03)	12	AGUJERO	6.56 (0.42)
BARCO	6.90 (0.79)	76	AJO	6.90 (0.91)
BOTELLA	6.23 (0.79)	77	ALA	6.46 (1.91)
CABELLO	6.50 (0.99)	64	BAÑO	6.93 (0.38)
CAMISA	6.58 (0.44)	79	BOCA	6.91 (0.77)
CAÑÓN	6.88 (0.44)	13	BUTACA	6.81 (1.02)
CARNE	6.26 (0.44)	434	CALDO	6.84 (1.18)
CEBOLLA	6.94 (0.72)	128	CÁMARA	6.50 (1.25)
CIGARRO	6.78 (0.82)	62	CAMINO	6.81 (0.90)
CLAVO	5.95 (1.36)	22	CAMIÓN	6.78 (0.93)
COHETE	6.76 (0.97)	4	COPA	6.95 (0.25)
CRÁNEO	6.53 (1.05)	13	CUERNO	6.50 (1.42)
CUERPO	6.51 (0.40)	466	CUNA	6.85 (0.78)
ESPADA	6.19 (1.03)	38	DEDO	6.80 (0.99)
ESPALDA	6.11 (1.25)	110	FÁBRICA	6.05 (1.05)
ESPINA	6.59 (1.40)	43	FLOR	6.60 (0.43)
FRUTA	6.55 (0.83)	162	GASOLINA	6.60 (1.32)
GLOBO	6.15 (0.99)	36	GATO	6.44 (0.38)
HACHA	6.49 (0.79)	21	GRANJA	6.89 (0.48)
HIERBA	6.41 (0.81)	37	HERIDA	6.58 (0.56)
HOMBRE	6.73 (0.54)	1322	INSECTO	6.90 (0.35)
HORNO	6.10 (1.01)	87	ISLA	6.58 (0.44)
JARDÍN	6.25 (1.12)	114	JABÓN	6.18 (1.06)
LÁMPARA	6.40 (0.52)	42	LIBRO	6.53 (0.72)
LENGUA	6.58 (0.49)	98	LUNA	6.78 (0.33)
MÁQUINA	6.13 (0.94)	246	MANO	6.99 (0.16)
MONTAÑA	6.17 (1.06)	84	AVIÓN	5.10 (0.94)
NARIZ	6.10 (1.04)	69	MAR	6.83 (0.28)
NIEBLA	6.24 (0.45)	10	MIEL	6.55 (0.51)
PÁJARO	6.32 (0.58)	49	MUJER	6.33 (0.49)
PALOMA	6.50 (0.95)	65	MURO	6.91 (0.72)
PAÑUELO	6.32 (1.56)	38	NIDO	6.26 (0.56)

PALABRAS	IMAG M (DS)	CEMC (*1'891,045)	DEFINICIONES	IMAG M (DS)
PERFUME	6.00 (1.12)	29	NUBE	6.54 (0.31)
PERLA	6.51 (1.00)	36	OJO	6.99 (0.11)
PERRO	6.62 (0.49)	131	PAN	6.87 (0.61)
PÉTALO	6.42 (0.73)	17	PAQUETE	6.85 (0.64)
PIANO	6.35 (0.60)	75	PELO	6.80 (0.87)
PIEDRA	6.92 (0.65)	158	PESCADO	6.66 (1.11)
PISTOLA	6.15 (0.90)	85	PIE	6.56 (0.42)
PLATO	6.43 (0.79)	63	PLANETA	6.39 (0.86)
PLUMA	6.80 (0.82)	89	PLAZA	6.56 (1.16)
PUERTA	6.90 (0.59)	344	RELOJ	6.76 (1.33)
PUERTO	6.20 (0.80)	122	RÍO	6.42 (0.67)
RODILLA	6.00 (1.14)	51	SÁBANA	6.53 (0.57)
RUEDA	6.13 (0.97)	141	SANGRE	6.56 (0.58)
SEMILLA	6.03 (1.10)	136	SOL	6.39 (0.50)
TARJETA	6.09 (1.00)	81	SOMBRA	6.08 (1.05)
TERRAZA	6.02 (1.11)	24	TIENDA	6.25 (0.57)
TORRE	6.42 (0.56)	33	TORMENTA	6.55 (0.37)
VENTANA	6.51 (0.54)	79	TREN	6.48 (0.51)
ZAPATO	6.63 (0.42)	57	UVA	6.80 (0.71)

PALABRA / DEFINICIÓN CONGRUENTE / DEFINICIÓN INCONGRUENTE

abanico	instrumento con el que se agita el aire para refrescarse cuando hace calor	cada una de las extremidades del cuerpo de las aves
abeja	insecto de color amarillo, provisto de aguijón y que vive en los panales	alimento líquido que consiste en una mezcla de líquidos de carne
barco	vehículo cóncavo de madera o de hierro que flota y se desliza sobre el agua	refugio de tamaño variable que forman las aves para poner en él sus huevos y cuidar sus crías
botella	recipiente cilíndrico y de cuello angosto que sirve para contener líquidos	recipiente en forma de campana invertida que tiene una base ancha y un pie delgado
cabello	cada uno de los pelos que nacen en la cabeza del ser humano	satélite natural de la tierra
camisa	prenda de vestir que cubre el torso y los brazos	silla de brazos con el respaldo recargado hacia atrás
cañón	pieza de artillería que consta de un tubo de acero en el que se coloca el proyectil y el explosivo	corriente continua de agua que va por un cauce natural
carne	parte muscular y blanda del cuerpo de los animales	cada uno de los órganos de la vista de los seres humanos y de los animales
cebolla	bulbo comestible de forma ovoide o esférica, por lo general de color blanco	lugar por donde se va, a pie o en algún medio de transporte, de un lado a otro
cigarro	cilindro pequeño y delgado, hecho de papel especial, que tiene dentro tabaco	pared de una casa, de un edificio o la de piedra que sirve para proteger un terreno
clavo	pieza de metal larga y delgada, que termina en punta y sirve para unir dos piezas entre sí	instalación dedicada a la cría y explotación de animales en el campo
cohete	tubo pequeño y lleno de pólvora que estalla con ruido estrepitoso	estrella alrededor de la cual giran la Tierra y otros planetas que forman parte del mismo sistema
cráneo	caja formada por huesos que contiene al encéfalo	parte del cuerpo humano y del de los primates, unida al antebrazo por la muñeca
cuerpo	conjunto de las distintas partes de un ser viviente	líquido transparente, sin sabor ni olor
espada	arma blanca con empuñadura y hoja larga, recta, aguda y cortante	animal provisto de antenas, de tres pares de patas y de alas

espalda	parte posterior del cuerpo , opuesta al pecho, que va desde los hombros hasta la cintura	bulbo comestible, muy usado como condimento, de olor y sabor fuertes
espina	prolongación delgada, rígida y puntiaguda que nace del tejido leñoso de algunas plantas	conjunto de cosas bien dispuestas y envueltas en papel o en cartón
fruta	producto comestible de las plantas	pez sacado del agua y muerto, particularmente el comestible
globo	cuerpo de superficie curva, cuyos puntos están a la misma distancia de su centro	líquido más o menos espeso, de color rojo, que circula por la venas y arterias del cuerpo
hacha	herramienta para cortar leña que tiene una pieza de hierro cuyo lado más largo es filoso	fruto en forma de pequeño globo que crece en racimos unidos a un pequeño tallo
hierba	planta pequeña de tallo tierno que generalmente brota sola y muere el mismo año	cuarto de un edificio destinado a algo importante
hombre	animal que tiene la capacidad de andar erguido y de hablar	instrumento que sirve para medir el tiempo
horno	aparato en el que se concentra calor para cocinar alimentos	porción de tierra rodeada de agua por todas partes
jardín	terreno en que se cultivan flores y otras plantas para hacerlo agradable	cavidad en la parte inferior de la cara que contiene la lengua y los dientes
lámpara	artefacto que emite luz y sirve para alumbrar	pieza de tela ligera que se pone sobre la cama
lengua	órgano carnoso, largo y movable, que se encuentra dentro de la boca fijado por su parte posterior	parte de las plantas que suele ser de formas y colores variados
máquina	sistema de piezas mecánicas que se utiliza para hacer un trabajo determinado	conjunto de hojas de papel impresas y encuadernadas en el que se trata algún tema
montaña	terreno muy elevado y de gran extensión que se levanta sobre una planicie	establecimiento o local en el que se vende cierto tipo de mercancías
nariz	parte de la cara provista de dos orificios por los cuales se respira	cama pequeña que se mece y en la que se acuestan los bebés o los niños pequeños
niebla	suspensión de gotas de agua muy pequeñas en el aire, cerca del suelo y que opacan la visión	perturbación atmosférica violenta y de corta duración
pájaro	ave pequeña y voladora de cualquier tipo	ser humano de sexo femenino

paloma	ave de pico delgado y alas cortas, que busca anidar en fachadas y campanarios	cuarto provisto de lavabo, excusado y, generalmente, de tina o regadera
pañuelo	prenda que consiste en un pedazo cuadrado de tela que se utiliza para limpiar la nariz	líquido amarillo, espeso, dulce y pegajoso que producen las abejas
perfume	sustancia que se emplea para dar buen olor a algo	lugar amplio y abierto en el interior de una población donde se reúne el comercio
perla	pequeña esfera de color blanco o grisáceo que se forma en el interior de algunos moluscos	rotura de los tejidos blandos de un organismo producida por un arma
perro	animal de cuatro patas que ladra y fue domesticado hace mucho tiempo	abertura que atraviesa algo de un lado a otro o que se forma sobre una superficie
pétalo	cada una de las hojas blancas o coloreadas que forman la flor	punta dura, hueca y curvada que le sale a algunos animales
piano	instrumento musical de cuerda y percusión, provisto de teclas y de una caja de resonancia	masa suspendida en la atmósfera formada por la pequeñas gotas de agua
piedra	cuerpo mineral sólido y duro que abunda especialmente en regiones montañosas	cada uno de los hilos delgados y flexibles producidos por la piel, que cubren y protegen el cuerpo
pistola	arma de fuego de cañón corto que se dispara con una sola mano	lugar o zona en donde la luz del sol no llega
plato	plataforma redonda en la que se sirve la comida	cuerpo celeste que no emite luz propia y que gira alrededor del sol
pluma	cada una de las cubiertas suaves que cubren el cuerpo de las aves	animal doméstico de cabeza redonda, orejas triangulares y largo bigotes
puerta	abertura en una pared que comunica el exterior con el interior de una casa	masa de agua salada que cubre gran parte de la superficie terrestre
puerto	lugar de la costa del mar que sirve para atracar los barcos	alimento hecho principalmente de harina de trigo
rodilla	conjunto de partes blandas y duras que forman la unión del muslo con la pierna	sustancia soluble en agua y presente en forma de barra que sirve para lavarse las manos
rueda	círculo de madera que fijado a un eje gira sobre el piso	parte inferior de cada una de la piernas del cuerpo humano, en la que se sostiene
semilla	parte interior del fruto de una planta que puesta en la tierra puede germinar	transporte formado por una locomotora y varios vagones

tarjeta	pedazo rectangular de papel, grueso y pequeño, en el que se anotan datos	establecimiento que tiene la maquinaria necesaria para producir ciertos objetos
terraza	plataforma al aire libre que se construye como parte de una casa	líquido volátil, muy inflamable, producto de la destilación del petróleo
torre	construcción alta y esbelta, especialmente la que sirve para vigilar y defender un terreno	cada una de las prolongaciones en que terminan las manos
ventana	abertura que se construye en una pared para que entre la luz y se ventile una habitación	vehículo aéreo más pesado que el aire
zapato	prenda de vestir que cubre total o parcialmente el pie	vehículo automotor de cuatro o más ruedas que se utiliza para transportar carga

ANEXO F

ESTÍMULOS ABSTRACTOS: *Target* (PALABRAS) y palabras correspondientes a las definiciones incongruentes (DEFINICIONES) con sus respectivos índices de imaginabilidad (IMAG) y frecuencia de uso (CEMC).

PALABRAS	IMAG M (DS)	CEMC (*1'891,045)	DEFINICIONES	IMAG M (DS)
ACIERTO	2.82 (1.92)	15	ABSTRACCIÓN	2.53 (1.87)
ACTITUD	2.40 (2.27)	259	ADEMÁN	3.11 (2.04)
AHÍNCO	2.61 (1.78)	1	ADHESIÓN	2.53 (1.78)
ALUSIÓN	3.40 (1.25)	19	ÁPICE	2.81 (1.90)
ÁMBITO	3.40 (1.81)	62	ARQUITECTO	2.54 (1.08)
ÁNIMA	2.39 (2.61)	8	ARTILLERÍA	2.75 (2.05)
APOGEO	3.20 (2.12)	13	CANTIDAD	2.64 (2.30)
ASUNTO	3.18 (2.39)	251	CARESTÍA	2.84 (2.05)
ATAQUE	2.75 (2.43)	68	CLEMENCIA	2.73 (2.42)
AUDACIA	3.25 (2.40)	19	COMENTARIO	3.00 (2.23)
BROMA	3.25 (2.18)	42	COMPASIÓN	2.95 (2.41)
CARGO	2.61 (1.98)	178	CONSERVACIÓN	6.18 (1.37)
CÓDIGO	3.22 (2.27)	18	CONVICCIÓN	3.00 (1.99)
COLMO	2.64 (1.84)	14	CORTEJO	3.45 (2.34)
CONSEJO	3.25 (2.15)	184	CÚMULO	3.35 (2.13)
CRÍTICA	3.51 (1.97)	156	DERIVACIÓN	3.00 (1.67)
CULPA	3.02 (2.37)	125	ELEMENTO	3.00 (1.90)
DELIRIO	3.27 (1.80)	14	ENGAÑO	5.39 (1.92)
DESAFÍO	3.25 (2.10)	15	ENJUNDIA	2.10 (1.23)
DOGMA	3.20 (2.21)	13	ERROR	4.12 (2.36)
EMBARGO	2.65 (1.48)	707	ERUDICIÓN	2.80 (1.41)
ENIGMA	3.50 (2.35)	8	ESCRÚPULO	2.73 (2.39)
ENSUEÑO	3.42 (1.98)	11	ESTADO	4.67 (2.19)
ENTIDAD	3.20 (1.85)	188	ESTIRPE	3.39 (2.05)
EPÍLOGO	2.95 (1.97)	3	EVIDENCIA	2.53 (2.10)
ÉPOCA	3.43 (2.55)	401	EXTAÑEZA	2.70 (1.15)
ESENCIA	3.17 (2.71)	66	FACCIÓN	3.44 (2.18)
FARSA	3.43 (1.44)	17	FATALIDAD	2.90 (1.89)
GÉNESIS	2.87 (1.75)	2	FERMENTO	1.58 (1.04)
GESTIÓN	2.38 (1.90)	12	GARANTÍA	2.66 (1.45)
GRACIA	3.23 (1.49)	100	GENERALIDAD	2.33 (1.06)
GRADO	2.56 (2.59)	338	IMPRECISIÓN	2.81 (1.53)
ÍNDOLE	2.02 (2.34)	48	IMPUREZA	2.93 (2.35)

PALABRAS	IMAG M (DS)	CEMC (* / 1'891,045)	DEFINICIONES	IMAG M (DS)
MANERA	2.13 (1.92)	828	INFLUENCIA	2.66 (1.04)
MANÍA	3.22 (2.61)	8	LINAJE	3.16 (2.15)
MATIZ	2.14 (2.55)	20	MAGNITUD	2.73 (2.40)
MÉRITO	2.68 (1.93)	38	MENESTER	2.40 (1.44)
MOTIVO	2.69 (2.25)	194	MERCED	2.40 (1.61)
NOCIÓN	3.22 (2.51)	36	MILLA	2.88 (1.78)
OPINIÓN	2.86 (2.60)	249	MORADOR	3.00 (1.87)
PLAZO	2.77 (2.47)	147	OFENSA	2.89 (2.77)
PROSA	3.33 (2.45)	28	OPCIÓN	2.95 (1.89)
RELATO	3.18 (2.36)	62	PATRIMONIO	2.73 (2.42)
RENCOR	3.35 (1.83)	29	PROPÓSITO	2.48 (1.89)
SAZÓN	2.41 (1.07)	13	PUGNA	3.19 (2.61)
SOLFA	1.86 (2.10)	2	RIGOR	2.51 (1.87)
TREGUA	2.85 (2.48)	7	TOLERANCIA	2.87 (2.55)
UTOPIÍA	2.68 (1.87)	3	VEZ	2.19 (1.05)
VALOR	3.33 (1.81)	624	VICISITUD	2.00 (1.31)
VERSIÓN	3.13 (2.47)	63	VOCABLO	2.91 (1.45)
VIGOR	3.15 (1.88)	53	VULGO	2.64 (1.90)
VIRTUD	3.44 (2.22)	147	ZOZOBRA	3.26 (2.21)

PALABRA / DEFINICIÓN CONGRUENTE / DEFINICIÓN INCONGRUENTE

acierto	solución correcta y precisa	Influjo que induce a la realización de un proceso o de una actividad
actitud	manera de actuar de una persona	cada una de las partículas extrañas a una materia, que se mezclan con ella
ahínco	actitud de dedicación esforzada y perseverante con la que se hace algo	falta o escasez, principalmente de alimentos
alusión	acto de referirse a algo o a alguien	gracia que hace una persona a otra, beneficio que le otorga con liberalidad y por gusto
ámbito	conjunto de actividades o intereses que definen una disciplina o una cultura	idea que no tiene relación con la realidad, sino que es invento de la imaginación
ánima	alma de los difuntos	falta de precisión
apogeo	momento o grado de mayor intensidad de algo	hecho falso que alguien presenta como cierto a alguien
asunto	la materia de una conversación, discurso, expresión o actividad	observación que se hace acerca de algo
ataque	acción violenta en contra de algo o de alguien	tamaño, volumen o extensión de algo
audacia	decisión y firmeza con que alguien enfrenta situaciones riesgosas	propiedad que tiene algo y que permite contarlo o medirlo
broma	dicho humorístico caracterizado por desorientar a una persona respecto del acontecimiento real	acto de permitir ciertos hechos que están fuera de norma
cargo	empleo o puesto de alguien	constitución o cualidad connatural de una persona
código	conjunto de signos convencionales que sirve para comunicar información	acto de unir parte por parte una cosa con otra hasta que se junten por completo
colmo	grado más alto de alguna cosa, punto en el que ya no puede superarse o sobrepasarse	sentimiento de asombro o sorpresa ante algo poco común inesperado
consejo	opinión o recomendación que se da a alguien acerca de lo que debe o puede hacer	sucesos distintos u opuestos, que se alteran unos a otros durante el desarrollo de algo

crítica	juicio favorable o negativo que se da acerca de algo después de haberlo examinado	acontecimiento desafortunado o con malas consecuencias
culpa	falta o daño que alguien comete	acto de hacer que algo dure en las mismas condiciones sin que se dañe
delirio	exaltación causada por emociones o sensaciones muy intensas	seguridad o certeza que uno tiene de la verdad de algo que piensa, dice y cree
desafío	acto de provocar o incitar a alguien a que luche	sentimiento de inquietud o angustia ante un peligro, una amenaza o un temor
dogma	verdad que debe ser acatada sin objetarla	conjunto de los individuos que conforman una rama o línea familiar
embargo	acto de retener sus bienes a una persona con el fin de obligarla a pagar algo	acto de producir algo o alguien
enigma	algo de significado encubierto que implica seguir ciertos pasos para resolver el problema	cada una de las partes que componen algo
ensueño	representación o sueño de fantasías o deseos placenteros	unidad lexicográfica de una lengua
entidad	cualquier cosa que existe	mayoría de los individuos o elementos de un conjunto que se presentan en ciertas condiciones
epílogo	resumen de lo escrito en una obra literaria, que aparece al final de ella	medida de longitud terrestre equivalente a 1609 m
época	espacio de tiempo determinado por los hechos que ocurren durante el mismo	voluntad que tiene alguien de actuar o comportarse de cierta manera
esencia	característica invariable o conjunto de rasgos que definen algo	movimiento del cuerpo con el que se expresa algo
farsa	situación falsa, absurda y ridícula	conocimiento profundo y bien fundamentado de un asunto o materia
génesis	origen o principio de algo	acto o palabra con que se hiere la dignidad o los sentimientos de alguien
gestión	conjunto de acciones que realiza el responsable de dirigir, presidir u organizar alguna cosa	limitación que uno mismo se impone sobre sus actos, de acuerdo con su calidad moral
gracia	habilidad de una persona para realizar algo con naturalidad, elegancia y armonía	conjunto de armas de fuego que posee un ejército

grado	cada uno de los niveles en que se divide una escala	seguridad que se ofrece a alguien sobre el cumplimiento de cierto trato
índole	conjunto de objetos, temas o hechos que tienen una serie de características comunes	persona que se ocupa de la planeación y construcción de casas, edificios y monumentos
manera	carácter particular con el que alguien hace algo	proveniencia de una persona o cosa de otra o tener su origen en ella
manía	perturbación mental que se manifiesta como una obsesión o idea fija	cada una de las ocasiones en que se realiza una acción o se repite un determinado hecho
matiz	rasgo peculiar o pequeña diferencia que existe o se percibe en una cosa	cada uno de los bandos que luchan entre sí para imponer sus propios objetivos particulares
mérito	valor de la obra de una persona en relación con el compromiso que implicó lograrla	que habita o está de asiento en un lugar
motivo	hecho o situación que da lugar a algo o lo provoca	virtud de una persona que es capaz de retirar una condena a quien ha actuado mal
noción	idea general que se tiene sobre algo	conjunto de individuos que descienden o ascienden genealógicamente de un sujeto
opinión	juicio que se forma alguien acerca de algo	hecho que resulta equivocado respecto de lo que se considera verdadero o debido
plazo	espacio limitado de tiempo durante el cual se tiene que hacer algo	agrupación numerosa, apretada o espesa de alguna cosa
prosa	forma común de expresión lingüística hablada o escrita opuesta al verso	dureza y serenidad en el trato con los demás, especialmente rigidez en la disciplina
relato	acto de narrar o contar una historia o un hecho	extremo superior o punta de algo
rencor	resentimiento duradero hacia alguien motivado por alguna ofensa o daño recibido	sentimiento de participación en el sufrimiento de otra persona
sazón	buen gusto o habilidad para cocinar	conjunto de personas comunes y corrientes
solfa	arte que enseña a leer y entonar las diversas voces de la música	conducta que siguen ciertos animales antes de aparearse con el fin de atraer al sexo opuesto
tregua	suspensión temporal tácita o convenida de las hostilidades entre dos o más contendientes	nación organizada políticamente y administrada por un gobierno

utopía

sistema imaginario de organización social o política que se considera irrealizable

conjunto de bienes que posee una persona

valor

precio real o estimado de una cosa

oposición constante y obstinada entre dos personas o bandos que tratan de vencerse mutuamente

versión

cada una de las interpretaciones de un tema artístico o de una obra musical

posibilidad de conseguir algo

vigor

energía, fuerza o vitalidad de una persona o de un animal

calidad de aquello que se manifiesta con toda claridad y sin necesidad de demostración

virtud

disposición de una persona para comportarse de acuerdo con el bien o la justicia hacia los demás

actividad que realiza una persona por necesidad física o moral

ANEXO G

Tabla G1					
Imaginabilidad y Congruencia					
<i>Primer análisis</i>					
<i>Factor</i>	<i>Niveles</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>
IMAGINABILIDAD	Alta	1.96	0.49	0.47	0.17
	Baja	1.49	0.42		
CONGRUENCIA	Sí	2.33	0.46	1.26	0.21
	No	1.11	0.45		
<i>Segundo análisis</i>					
<i>Factor</i>	<i>Niveles</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>
IMAGINABILIDAD	Alta	11.75	2.91	2.83	1.01
	Baja	8.91	2.49		
CONGRUENCIA	Sí	13.98	2.75	7.29	1.23
	No	6.69	2.72		
<i>Tercer análisis</i>					
<i>Factor</i>	<i>Niveles</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>
IMAGINABILIDAD	Alta	4.04	0.95	0.83	0.33
	Baja	3.21	0.79		
CONGRUENCIA	Sí	4.74	0.90	2.24	0.40
	No	2.50	0.87		
<i>Cuarto análisis</i>					
<i>Factor</i>	<i>Niveles</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>
IMAGINABILIDAD	Alta	11.09	2.39	1.84	0.81
	Baja	9.25	1.99		
CONGRUENCIA	Sí	13.33	2.25	6.31	1.10
	No	7.02	2.21		

Tabla G2						
Imaginabilidad × Congruencia						
<i>Imaginabilidad</i>	<i>Congruencia</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ALTA	Sí	2.77	0.48	1.62	0.21	p<0.001
	No	1.15	0.51			
BAJA	Sí	1.89	0.47	.81	0.35	p<0.05
	No	1.08	0.43			

Tabla G3						
Congruencia × Imaginabilidad						
<i>Congruencia</i>	<i>Imaginabilidad</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
SÍ	Alta	2.77	0.48	0.88	0.24	p<0.01
	Baja	1.89	0.47			
NO	Alta	1.15	0.51	0.07	0.28	p>0.05
	Baja	1.08	0.43			

Tabla G4						
Sitio del Electrodo × Imaginabilidad						
<i>Sitio del Electrodo</i>	<i>imaginabilidad</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
F4	Alta	2.37	0.45	0.66	0.23	p<0.05
	Baja	3.03	0.43			
P3	Alta	3.40	0.83	1.06	0.24	p<0.01
	Baja	2.34	0.77			
P4	Alta	3.69	0.74	0.80	0.27	p<0.05
	Baja	2.89	0.72			
T3	Alta	0.54	0.65	1.25	0.31	p<0.01
	Baja	-0.72	0.66			
T5	Alta	2.11	0.84	1.50	0.30	P<0.001
	Baja	0.61	0.79			
T6	Alta	2.50	0.72	0.64	0.27	p<0.05
	Baja	1.85	0.66			

Tabla G5						
Sitio del Electrodo × Congruencia						
<i>Sitio del Electrodo</i>	<i>Congruencia</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
F8	Sí	2.48	0.61	1.21	0.30	p<0.01
	No	1.28	0.50			
F4	Sí	3.69	0.47	1.97	0.27	p<0.001
	No	1.72	0.42			
C3	Sí	2.41	0.68	1.30	0.37	p<0.01
	No	1.11	0.72			
C4	Sí	4.23	0.51	2.52	0.22	p<0.001
	No	1.71	0.52			
P3	Sí	3.62	0.85	1.51	0.36	P<0.01
	No	2.11	0.78			
P4	Sí	4.33	0.77	2.08	0.34	p<0.001
	No	2.25	0.70			

Tabla G6						
Imaginabilidad × Hemisferio						
<i>Imaginabilidad</i>	<i>Hemisferio</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ALTA	Izquierdo	8.65	3.84	6.19	3.29	p>0.05
	Derecho	14.84	2.75			
BAJA	Izquierdo	3.57	3.55	10.68	3.36	p<0.01
	Derecho	14.25	2.35			

Tabla G7						
Hemisferio × Imaginabilidad						
<i>Hemisferio</i>	<i>Imaginabilidad</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
IZQUIERDO	Alta	8.65	3.84	5.08	1.44	p<0.01
	Baja	3.57	3.55			
DERECHO	Alta	14.84	2.75	0.59	1.27	p>0.05
	Baja	14.25	2.35			

Tabla G8 Congruencia × Hemisferio						
<i>Congruencia</i>	<i>Hemisferio</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
SÍ	Izquierdo	7.87	3.67	12.20	3.35	p<0.01
	Derecho	20.08	2.69			
NO	Izquierdo	4.35	3.79	4.67	3.29	p>0.05
	Derecho	9.02	2.41			

Tabla G9 Hemisferio × Congruencia						
<i>Hemisferio</i>	<i>Congruencia</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
IZQUIERDO	SÍ	7.87	3.67	3.52	1.74	p>0.05
	No	4.35	3.79			
DERECHO	SÍ	20.08	2.69	11.06	1.24	p<0.001
	No	9.02	2.41			

Tabla G10 Imaginabilidad × Región Intrahemisférica						
<i>Imaginabilidad</i>	<i>Región Intrahemisférica</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ALTA	Anterior Izquierda	0.59	1.06	4.92	1.09	p<0.01
	Posterior Izquierda	5.51	1.64			
	Anterior Derecha	3.87	0.93	2.32	1.55	p>0.05
	Posterior Derecha	6.18	1.42			
BAJA	Anterior Izquierda	-0.15	1.17	3.09	1.38	p>0.05
	Posterior Izquierda	2.94	1.50			
	Anterior Derecha	5.30	0.81	0.56	1.57	p>0.05
	Posterior Derecha	4.74	1.32			

Tabla G11						
Región Intrahemisférica × Imaginabilidad						
<i>Región Intrahemisférica</i>	<i>Imaginabilidad</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ANTERIOR IZQUIERDA	Alta	0.59	1.06	0.74	0.68	p>0.05
	Baja	-0.15	1.17			
POSTERIOR IZQUIERDA	Alta	5.51	1.64	2.57	0.51	p<0.001
	Baja	2.94	1.50			
ANTERIOR DERECHA	Alta	3.87	0.93	1.43	0.55	p<0.05
	Baja	5.30	0.81			
POSTERIOR DERECHA	Alta	6.18	1.42	1.44	0.49	p<0.05
	Baja	4.74	1.32			

Tabla G12						
Congruencia × Región Intrahemisférica						
<i>Congruencia</i>	<i>Región Intrahemisférica</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
Sí	Anterior Izquierda	0.24	1.09	4.98	1.37	p<0.05
	Posterior Izquierda	5.22	1.64			
	Anterior Derecha	6.17	0.94	1.17	1.72	p>0.05
	Posterior Derecha	7.34	1.49			
NO	Anterior Izquierda	0.20	1.13	3.02	1.09	p>0.05
	Posterior Izquierda	3.22	1.54			
	Anterior Derecha	3.00	0.78	0.59	1.41	p>0.05
	Posterior Derecha	3.59	1.27			

Tabla G13						
Región Intrahemisférica × Congruencia						
<i>Región Intrahemisférica</i>	<i>Congruencia</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ANTERIOR IZQUIERDA	Sí	0.24	1.09	0.04	0.62	p>0.05
	No	0.20	1.13			
POSTERIOR IZQUIERDA	Sí	5.22	1.64	2.00	0.70	p<0.05
	No	3.22	1.54			
ANTERIOR DERECHA	Sí	6.17	0.94	3.17	0.49	p<0.001
	No	3.00	0.78			
POSTERIOR DERECHA	Sí	7.34	1.49	3.76	0.64	p<0.001
	No	3.59	1.27			

Tabla G14						
Imaginabilidad × Antero-Posterior						
<i>Imaginabilidad</i>	<i>Antero-Posterior</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ALTA	Anterior	6.74	1.64	8.71	3.10	p<0.05
	Posterior	15.44	3.69			
BAJA	Anterior	7.85	1.65	2.80	3.43	p>0.05
	Posterior	10.65	3.32			

Tabla G15						
Antero-Posterior × Imaginabilidad						
<i>Antero-Posterior</i>	<i>Imaginabilidad</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ANTERIOR	Alta	6.74	1.64	1.11	1.10	p>0.05
	Baja	7.85	1.65			
POSTERIOR	Alta	15.44	3.69	4.79	1.04	p<0.001
	Baja	10.65	3.32			

Tabla G16						
Congruencia × Antero-Posterior						
<i>Congruencia</i>	<i>Antero-Posterior</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
SÍ	Anterior	9.51	1.63	7.62	3.60	p>0.05
	Posterior	17.14	3.74			
NO	Anterior	5.07	1.69	3.89	2.96	p>0.05
	Posterior	8.96	3.36			

Tabla G17						
Antero-Posterior × Congruencia						
<i>Antero-Posterior</i>	<i>Congruencia</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>Diferencia</i>	<i>SEM</i>	<i>Sig.</i>
ANTERIOR	Sí	9.51	1.63	4.44	1.19	p<0.01
	No	5.07	1.69			
POSTERIOR	Sí	17.14	3.74	8.18	1.52	p<0.001
	No	8.96	3.36			