



Facultad de Psicología

Trabajo de
fin de grao

Modalidad 2

“Proyecto de investigación empírica y/o
desarrollo de un estudio piloto”

Correlatos
psicofisiológicos de la
detección explícita de
cambios

Autor/a del TFG

Aurora Varela Rodríguez

Director/a del TFG

Paula Pazo Álvarez

Grado en Psicología

Año 2013

Resumen

Recientemente, ha surgido un creciente interés por el estudio de la conciencia visual (“awareness” o detección explícita de cambios). Los estudios de potenciales evocados cerebrales (“Event-related potentials”, o ERPs) han sido empleados para estudiar los correlatos electrofisiológicos de la conciencia visual. Esto ha sido posible mediante la comparación de las diferencias de ERP entre ensayos de cambios detectados y ensayos de cambios no detectados en diversas tareas.

Estudios previos han informado que los componentes de ERP que correlacionan con la conciencia visual son, por un lado, una negatividad de distribución posterior que se produce a los 200 ms tras la presentación de estímulo y que es denominada “Visual Awareness Negativity” (VAN). Este componente es seguido por un componente positivo, denominado “Late Positivity” (LP) y localizada predominantemente en áreas parietales y centrales entre los 300-400 ms después de la presentación del estímulo.

Las revisiones recientes de los estudios sugieren que la VAN es un correlato electrofisiológico relacionado con la conciencia visual que se observa con mayor

fiabilidad y consistencia, mientras que LP parece estar relacionado con el procesamiento postperceptual.

El objetivo del presente trabajo fue el de analizar los correlatos psicofisiológicos de la detección explícita de cambios mediante un paradigma de ceguera al cambio "one-shot" ("Change Blindness", CB). Esta tarea consiste en la presentación sucesiva de dos pantallas de imágenes que son separadas por una interrupción, de manera que en la segunda presentación uno de los estímulos puede haber sido modificado. Los resultados obtenidos se discutirán en relación a los hallazgos presentados en la literatura.

Palabras clave: Ceguera al cambio, Detección explícita de cambios, Potenciales Evocados Cerebrales (ERPs), Late Positivity (LP), Visual Awareness Negativity (VAN).

Abstract

Recently, there has been a growing interest in the study of visual consciousness (“awareness” or change detection). The studies of Event-related potentials (ERPs) have been used to study the electrophysiological correlates of visual consciousness. This has been possible by comparing differences between detected changes and undetected changes in different tasks.

It has been previously reported that the ERP components that correlate with visual consciousness are, firstly, a negative component distributed in posterior areas of the brain which occurs within 200 ms after stimulus onset and is called “Visual Awareness Negativity” (VAN). This component is followed by a positive component, named “Late Positivity” (LP) that is localized predominantly in parietal and central areas around 300-400 ms after the stimulus onset.

Recent reviews of the studies suggest that the VAN is the more reliable and consistent correlate of ERP, while LP is linked with postperceptual processing.

The objective of this study was to analyze the correlates of change detection using a "one-shot" change blindness paradigm (CB). This task consists in the successive presentation of two screens of images separated by an interruption, so that in the second presentation one of the stimuli may be modified. Participants job is to determine whether a change has occurred or whether the stimulus remains unchanged. Results will be discussed in relation with previous findings.

Keywords: Change Blindness, Change Detection, Event-related potentials (ERPs), Late Positivity (LP), Visual Awareness Negativity (VAN).

Índice

Resumen	2
Índice	6
Introducción.....	7
Método	26
1 Participantes.....	26
2 Instrumentos	27
3 Procedimiento	28
4 Análisis.....	30
Resultados	33
Conclusiones	42
Referencias bibliográficas	47
Índice de figuras	50

Introducción

Recientemente, la conciencia visual, también denominada “awareness” o detección explícita de cambios, se ha convertido en un área de investigación importante en Neurociencia Cognitiva. En los últimos 10-15 años, se han empleado técnicas de neuroimagen con el fin de determinar los correlatos neurales de esta conciencia visual. “Los resultados de estas técnicas sugieren que la activación a lo largo de la vía visual ventral del V1 a la corteza temporal está relacionada con cambios en el contenido de la conciencia visual” (Koivisto y Revonsuo, 2010, p. 922). Además, Beck, Rees, Frith y Lavie (2001) informaron que la conciencia visual se suele acompañar de la activación de áreas frontales y parietales, normalmente asociadas con la atención.

En el año 1929, Hans Berger informó que un gran número de experimentos podrían medir la actividad eléctrica del cerebro humano mediante la colocación de un electrodo en el cuero cabelludo, la posterior amplificación de la señal y la representación gráfica de los cambios de voltaje asociados con el tiempo (Luck, 2005). Esta actividad eléctrica se recoge mediante un electroencefalograma (“Electroencephalogram”, EEG).

De esta manera, la información acerca de la dinámica temporal de los procesos neurales puede conseguirse mediante electroencefalografía en el momento en el que el participante realiza una tarea cognitiva. Los cambios en el potencial eléctrico que están asociados a eventos sensoriales o cognitivos son llamados potenciales evocados cerebrales (Event-related Potentials, ERPs), siendo éstos un método adecuado para monitorizar el curso temporal del procesamiento neural con una precisión de milisegundos. Debido al creciente interés en este tema, la conciencia visual ha sido estudiada usando ERPs.

Este tipo de investigación se ha desarrollado en diversas líneas de estudio independientes, cada una centrada en el estudio de un subcampo específico, normalmente determinado por la técnica experimental o el fenómeno perceptual que se ha utilizado para manipular la conciencia. Gracias a estos estudios, se ha informado que las tres diferencias electrofisiológicas que aparecen en un ERP estándar y que correlacionan con la conciencia visual son un incremento en la amplitud de P1, un aumento en la amplitud en el rango N1-N2 y un incremento de amplitud en P3.

“Los ERPs son cambios rápidos en la actividad eléctrica del sistema nervioso originados por acontecimientos discretos” (Carretié, 2001, p.113). Constituyen respuestas psicofisiológicas complejas, que cuentan con diversas ondas de diferente amplitud, polaridad (signo eléctrico) y latencia. Estas ondas se denominan componentes, y suelen identificarse en función de su polaridad (P, positividad o N, negatividad) y latencia, seguido de un número que indica el orden de ocurrencia en el tiempo del componente.

Cada componente refleja un aspecto diferente de las consecuencias que el acontecimiento que se percibe produce en el SN. Algunos de estos componentes

responden a las características físicas del estímulo y otros tienen que ver con variables psicológicas. De esta manera, a los componentes del primer grupo se les denomina exógenos al responder a variables externas al sujeto, propias del acontecimiento que origina el ERP, y a los componentes del segundo grupo se les denomina endógenos (Carretié, 2001).

Los componentes exógenos aparecen en la primera parte de los ERPs, ya que su latencia es inferior a los 100 ms, pasando a denominarse de esta manera componentes tempranos o rápidos, mientras que a los endógenos, por aparecer entre los 100 y los 1000 ms, se les denomina tardíos o lentos.

En relación con lo dicho anteriormente, los componentes más tempranos, como P1, al aparecer alrededor de los 100 ms tras la presentación del estímulo, estarán influidos por características y/o condiciones estímulares, de manera que pueden ser elicitados con independencia de la tarea que esté realizando el participante (Carretié, 2001). Sin embargo, como señalan Luck y Ford (1998), la onda P1 puede ser modificada por factores internos tales como la atención.

Los componentes más tardíos, por su parte, reflejan por lo general estadios de procesamiento más complejos. Por ejemplo, la P3, que se presenta a los 300-400 ms después de la presentación del estímulo, es normalmente un componente endógeno que depende más de factores internos que externos (Donchin y Coles, 1988).

La diferencia electrofisiológica entre los ERPs en condiciones de detección explícita y condiciones de no detección explícita puede ser operativizada como el correlato de la conciencia visual.

Los componentes ERP que se ha sugerido que correlacionan con la percepción consciente difieren no sólo en el momento en el que se presentan, sino también en su

magnitud, polaridad y topografía, demostrando que se basan en fuentes anatómicas y funcionales diferentes del cerebro. Mientras que algunos de los modelos ven que la conciencia surge rápidamente como consecuencia de procesos sensoriales localizados en el sistema visual, otros consideran la conciencia como una fase posterior del procesamiento integrativo o “postperceptual” (Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011).

Correlatos electrofisiológicos de la detección explícita de cambios o conciencia visual

De forma general, se debe señalar, como han demostrado estudios de Pins y Ffytche (2003), que el primer componente que se ha informado que correlaciona con la conciencia visual o "awareness" es P1, componente observado 100 ms después de la presentación del estímulo. La percepción consciente correlaciona con un incremento de la amplitud de P1 en relación a condiciones en la que el mismo estímulo no se percibe conscientemente.

En segundo lugar, resultados de otros estudios sugieren que la diferencia de amplitud negativa alrededor los 200 ms después de la presentación del estímulo ("Visual Awareness Negativity", VAN) es el principal correlato de la conciencia visual (Kaernbach, Schöger, Jacobsen y Roeber, 1999; Koivisto y Revonsuo, 2003).

Por último, la tercera diferencia en los ERPs asociada a la conciencia visual es la positividad tardía (“Late Positivity”, LP), que normalmente se observa alrededor de los 300 ms tras la presentación del estímulo o incluso en latencias posteriores o más tarde (Babiloni, Vecchio, Miriello, Romani y Rossini, 2006; Del Cul, Baillet y Dehaene, 2007).

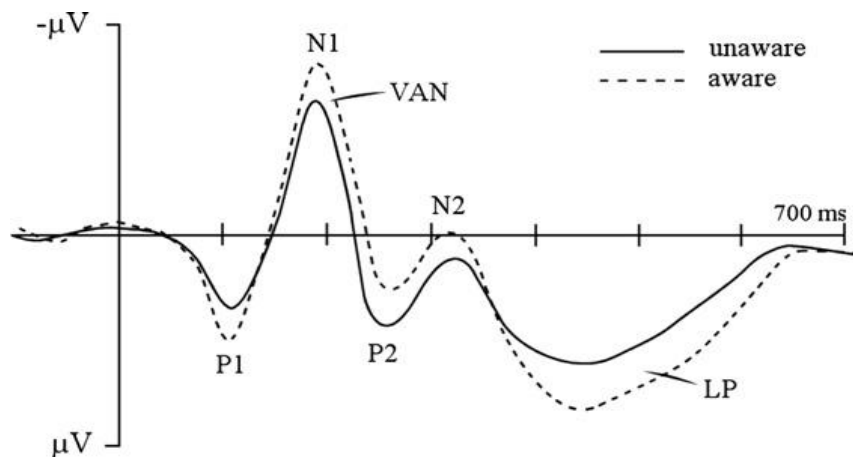


Figura 1. Ejemplo de los tres componentes de ERP. La línea discontinua representa el ERP que se produce ante un estímulo que se percibe de manera consciente, y la línea continua se produce ante un estímulo que no se percibe de manera consciente, mostrándose separados por tanto los ensayos en los cuales los participantes son conscientes del cambio que ocurre en el estímulo de aquellos en los que los participantes no tienen conciencia del cambio. Tomado de Railo et al. (2011) *Consciousness and Cognition*, 20, 972-983.

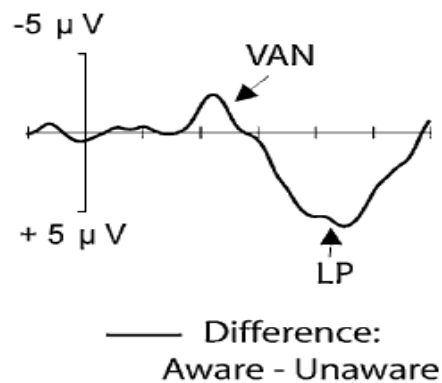


Figura 2. Ondas de diferencia mediante la sustracción de ERPs en respuesta a ensayos sin detección explícita de cambios ("unaware") de aquellos cuyos cambios fueron correctamente detectados ("aware"). La onda diferencia muestra los correlatos de la detección explícita de cambios. El primer componente es una amplitud negativa alrededor de los 200 ms después de la presentación del estímulo (a esta diferencia se le llama "Visual awareness negativity", VAN). A este efecto le sigue un componente positivo en la ventana temporal de P3, diferencia que se denomina "Late positivity"(LP). Tomado de Koivisto y Revonsuo (2010). *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 922-934.

Antes de pasar a explicar estos componentes de ERP de una forma detallada, es necesario diferenciar dos términos que aparecen recientemente en la literatura de los correlatos neurales de la conciencia (NCC): conciencia fenoménica y conciencia reflexiva o “acceso a la conciencia”, conceptos que se encuentran relacionados entre sí (Block, 1995). De acuerdo con Lamme (2003), la distinción entre conciencia fenoménica y acceso a la conciencia puede ser entendida como la interacción entre los correlatos neurales de la conciencia y la selección atencional. Por un lado, la conciencia fenoménica se refiere a experiencias subjetivas inmediatas, breves, no verbales, es decir, la mera presencia de experiencias cualitativas, tales como sensaciones de color. De esta manera, en la modalidad visual, la conciencia fenoménica se refiere a la conciencia visual subjetiva. En relación a esto, Lamme (2003) apoya la idea de que lo más probable es que los mecanismos neurales de los contenidos de la conciencia fenoménica residan en áreas visuales extraestriadas, especialmente a lo largo de la corriente visual ventral.

Los contenidos de este tipo de conciencia que son escogidos por la atención selectiva para una lectura más cuidadosa se convierten en parte de la conciencia reflexiva, que es una forma de conciencia de orden superior y que representa, por tanto, aquellos contenidos de la conciencia fenoménica que han sido atendidos selectivamente para su posterior procesamiento cognitivo en la memoria de trabajo. Así, este tipo de conciencia retrata la habilidad de reflejar y manipular los contenidos de la conciencia fenoménica y de acceder a una amplia gama de sistemas cognitivos de salida. La información que llega a esta conciencia reflexiva es procesada de tal manera que está preparada para el control racional de una acción del habla (Block, 1995).

De esta manera, los contenidos de la conciencia reflexiva pueden ser relatados verbalmente o expresados de otra manera a través de mecanismos voluntarios de salida,

pueden ser nombrados, conceptualizados, se puede pensar sobre ellos voluntariamente y pueden ser codificados en la memoria a largo plazo (Koivisto y Revonsuo, 2010).

Por todo esto, debido a que la conciencia fenoménica es un prerrequisito para un nivel más alto de conciencia reflexiva, parece que el correlato más temprano, VAN, podría ser interpretado como un correlato electrofisiológico de la conciencia fenoménica o, de manera más precisa, como un indicador del proceso neurofisiológico que resulta del procesamiento del estímulo. La ventana temporal de VAN y su topografía posterior apoyan la idea de que la VAN se genera a lo largo de la corriente visual ventral (Lamme, 2003). Por tanto, VAN es el indicador electrofisiológico necesario y suficiente para señalar que un estímulo visual ha generado una experiencia subjetiva, una sensación visual o perceptiva.

De manera similar, si los resultados electrofisiológicos de los correlatos de la conciencia visual son interpretados de acuerdo con la distinción entre conciencia fenoménica y conciencia reflexiva, LP, debido a su curso temporal y su topografía, podría ser un signo electrofisiológico de la información del estímulo para acceder a la conciencia reflexiva, ya que la familia de P3 de los ERPs se cree que reflejan la actualización de la memoria de trabajo (Donchin y Coles, 1988). Sin embargo, es probable que LP correlacione solamente con un subconjunto de procesos asociados a la detección explícita, no con todas las operaciones cognitivas realizadas por la conciencia reflexiva. Por ejemplo, Eimer y Mazza (2005) sugirieron que las modulaciones de P3 (LP) están determinadas por variaciones en la seguridad de los observadores con respecto a sus juicios perceptuales.

La "Visual Awareness Negativity", o VAN (Koivisto y Revonsuo, 2003), se genera en áreas posteriores, a los 200 ms tras la presentación del estímulo. La VAN no

está asociada a un componente específico, pero normalmente aparece en el rango de latencias N1-N2. Las revisiones recientes de los estudios sugieren que VAN es el correlato de ERP relacionado con la conciencia visual que se observa con mayor fiabilidad y consistencia.

Antes de seguir con la explicación detallada de este componente, debe hablarse acerca del fenómeno conocido como selección de negatividad (SN) y del componente N2pc (N2-posterior-contralateral). En cuanto a la selección de negatividad (SN), Hillyard y Anllo-Vento (1988), han informado que se trata de un correlato de la selección atencional no-espacial. La atención selectiva a los target, comparados con los no-target, se refleja en los ERPs como un cambio de amplitud negativa en localizaciones posteriores sobre los 200 ms después del comienzo del estímulo. La SN ofrece una medida de alta resolución del momento en el que una característica particular es discriminada y procesada de forma selectiva en el cerebro.

Por su parte, la N2pc (N2-posterior-contralateral) es otro componente negativo relacionado con la atención que ocurre a los 200 ms. Se observa en el hemisferio contralateral con relación al hemicampo visual del estímulo target, cuando la atención es enfocada al target dentro de una matriz de estímulos distractores. La N2pc se ha interpretado como un reflejo de la asignación de atención al target, la atención focalizada o de la utilización de la atención para reducir la interferencia entre el estímulo target y los distractores cercanos (Luck y Ford, 1998). A pesar de que la detección de un cambio produzca un aumento en las amplitudes de N2pc, este componente no se puede tomar como un correlato de la conciencia visual, sino como un marcador de un proceso que es necesario pero no suficiente para la conciencia (Schankin y Wascher, 2007).

De esta manera, debido a que la VAN supone una negatividad en áreas occipitotemporales alrededor de los 200 ms similar a la selección de negatividad (SN), se ha examinado la posibilidad de que VAN pueda simplemente reflejar los mismos mecanismos atencionales que SN. En un estudio de Koivisto y Revonsuo (2008), los participantes debían atender a diferentes combinaciones de frecuencia y orientación espaciales. La conciencia a los estímulos fue manipulada mediante la presentación de una máscara después de un corto (no-conciencia) o largo (percepción consciente de estímulos) periodo de tiempo tras la presentación del estímulo. Los resultados indican que mientras los ERPs elicitados por estímulos percibidos de forma consciente y de forma no consciente comenzaron a diferir después de los 100 ms (VAN), los efectos de la atención emergen después de los 200 ms (SN). De esta manera, al menos la parte más temprana de la VAN (100-200 ms) es independiente de la atención no-espacial.

La VAN también ha sido observada durante la visualización pasiva o en respuesta a estímulos no diana (no targets) que no requieren respuestas motoras, sugiriendo también la independencia a factores atencionales. A pesar de que estos resultados sugieren que la VAN es independiente de la atención a las características del estímulo, podría mostrar dependencia de la atención espacial, ya que estímulos presentados en localizaciones espaciales no atendidas normalmente no son percibidos de forma consciente.

Con el fin de investigar esto, Koivisto, Lähteenmäki, Sorensen, Vangkilde, Overgaard y Revonsuo (2008), emplearon una tarea en la que la conciencia visual de los estímulos fue manipulada mediante enmascaramiento. Los resultados mostraron que la VAN solamente aparecía ante estímulos presentados en la localización atendida, sugiriendo que la atención espacial es un prerequisite para la percepción consciente.

Como en estudios anteriores, la atención a las características del estímulo (identidad de la letra) modificaron posteriormente las respuestas de ERP (SN) independientemente de la conciencia visual (VAN).

La variabilidad y la duración de las latencias de VAN, así como las influencias selectivas de la atención basada en características en las partes posteriores de VAN, sugieren que VAN no refleja un único proceso sincronizado temporalmente (o "Time-locked"), sino un conjunto de procesos diferentes asociados con la percepción consciente. De la misma manera, las características visuales procesadas inicialmente se cree que están sujetas y aumentan gracias a la atención en las etapas tardías de procesamiento para formar percepciones conscientes coherentes y detalladas (Carrasco, Ling y Read, 2004).

Un reciente experimento de ceguera al cambio realizado por Busch, Fründ y Hermann (2010) informa de estas interacciones entre atención y conciencia. Busch et al. (2010) indicaron que cuando los participantes detectaban un cambio en la exposición visual sin identificar qué cambiaba, se observaba una diferencia negativa similar a VAN. Puede argumentarse que esta detección, que se vincula con la VAN, muestra que los participantes fueron extraordinariamente conscientes del cambio. Identificar los cambios (no sólo detectarlos) elicó una VAN de mayor amplitud y también una N2pc, que normalmente se toma como evidencia de un cambio en el foco de atención.

Así, Busch et al. (2010) propusieron que cuando los participantes percibían el cambio sin identificarlo, este cambio estaba sujeto a procesos en los que se atiende selectivamente a las características del estímulo, pero estas características no se perciben unidas, por eso no ocurre la identificación del objeto. El cambio pudo ser identificado sólo cuando el locus atencional se encontraba focalizado en la localización

relevante (N2pc), permitiendo que las características visuales fueran unidas y permitiesen formar representaciones coherentes del objeto. Por lo tanto, la selección atencional exitosa aumenta la visibilidad del objeto, lo que también se refleja en un incremento de amplitud de la VAN.

Otro componente que ha sido asociado con la conciencia o detección explícita de cambios es la “positividad tardía” (LP), localizada predominantemente áreas parietales y centrales entre los 300 y 400 ms después de la presentación del estímulo.

Como se ha explicado en párrafos anteriores, mientras que la VAN indica las interacciones neuronales subyacentes a la conciencia fenoménica, LP se asocia con la conciencia reflexiva (Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011). Acorde con esta interpretación, la LP no es correlato directo de la conciencia fenoménica, sino más bien un signo de los procesos cognitivos post-perceptivos durante los cuales la información que proviene de la conciencia fenoménica entra en la memoria de trabajo, en donde es conceptualizada, nombrada, transformada y puede acceder a mecanismos de salida ("output"), como los informes verbales de los contenidos. Esta interpretación de LP enfatiza la idea de que la percepción consciente como tal no debe ser confundida con procesos posteriores que pueden manipular los contenidos perceptuales.

Algunos estudios han observado que la LP se produce únicamente cuando se comparan estímulos percibidos conscientemente con estímulos no percibidos (Babiloni, Vecchio, Miriello, Romani y Rossini, 2006; Fernández-Duque, Grossi, Thornton y Neville, 2003). Esto puede deberse a que la LP consiste en una larga deflexión, lo que puede producir que sea más fácil detectarla con respecto a las anteriores. Sin embargo, la LP normalmente se observa después de los correlatos tempranos de la conciencia (Del Cul et al., 2007; Schankin y Wascher, 2007). De esta forma, es difícil decidir cuál

de los correlatos de ERP refleja la entrada de la información de los estímulos en la conciencia.

Algunos resultados muestran que la conciencia puede dissociarse de la LP, por lo que, incluso cuando un estímulo es percibido de manera consciente, no se observa necesariamente la LP al comparar condiciones de conciencia y de no conciencia. En un estudio realizado por Koivisto, Revonsuo y Lehtonen (2006), se contrastaron condiciones de conciencia (no enmascaramiento) y de no conciencia (enmascaramiento) durante la atención a características locales o globales del target. Los resultados mostraron que cuando se comparan targets percibidos conscientemente con targets no percibidos, la LP se reducía, e incluso no se presentaba, cuando la atención era dirigida a características locales, aunque se presentaba en las condiciones en las que la atención se dirigía a características globales. La conciencia correlacionaba con la VAN en ambas condiciones. De manera similar, se observó una negatividad alrededor de los 200 ms (VAN) cuando se comparó el reconocimiento consciente de targets repetidos con la falta de reconocimiento de targets repetidos (ceguera a la repetición).

Por todo esto, Donchin y Coles (1988), han expuesto que la LP no correlaciona de forma directa con la percepción consciente, sino que podría estar reflejando operaciones postperceptuales.

Bases neurales de los componentes asociados a la detección explícita de cambios

Con el fin de identificar las áreas del cerebro relacionadas con los componentes VAN y LP, se han llevado a cabo estudios de localización de fuentes empleando tomografía electromagnética de baja resolución, LORETA, método desarrollado por Pascual-Marqui en el año 1994. Estas investigaciones han observado que la ventana temporal de VAN (200-250 ms) sugiere que los lóbulos contralaterales occipital y temporal son sensibles a las manipulaciones de la conciencia. Por su parte, la ventana temporal de LP (400-450 ms) indica, al igual que VAN, la activación de los lóbulos occipital y temporal, aunque aquí también se muestran activaciones significativas en áreas frontales y parietales (Koivisto y Revonsuo, 2010).

Estas observaciones muestran que VAN refleja la activación de las áreas occipito-temporales, sugiriendo que en la detección explícita no resulta necesaria la activación de circuitos frontoparietales. Sin embargo, cuando el estímulo se procesa con mayor profundidad, VAN es seguida por la LP, que sí está asociada con cierta activación fronto-parietal y de la red posterior. Estos resultados muestran que la activación a gran escala a los 400 ms parece ocurrir en respuesta a un estímulo que requiere un informe consciente u otra acción realizada en las últimas etapas de procesamiento.

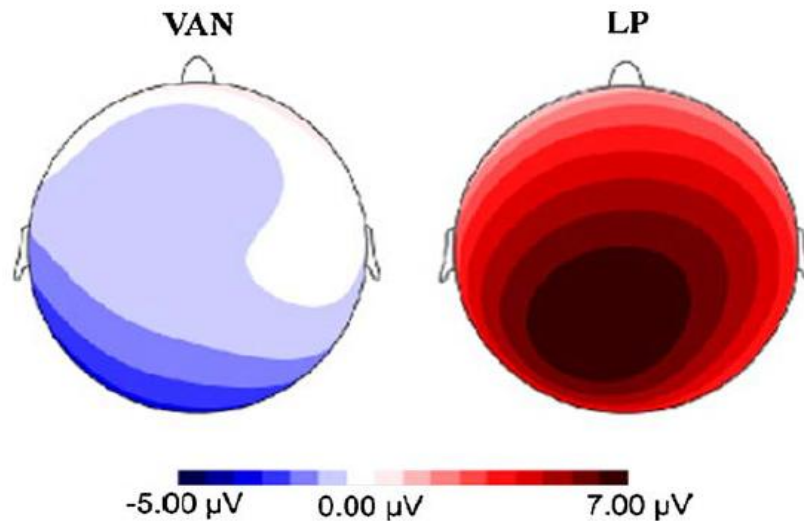


Figura 3. Distribución topográfica típica de VAN y LP. Estos mapas han sido calculados a partir de ondas diferencia. Tomado de Koivisto y Revonsuo (2010). *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 922-934.

Así, en el cortex, la información visual se proyecta a las áreas visuales dorsal y ventral, las cuales median diferentes funciones visuales a pesar de no estar completamente separadas la una de la otra. Por un lado, la corriente visual dorsal converge en las áreas parietales y se entiende como soporte de funciones visomotoras. Por otro lado, la corriente visual ventral activa las funciones visuales tales como el reconocimiento de objetos. De esta manera, existe considerable evidencia de que la actividad a lo largo de esta corriente visual ventral está estrechamente relacionada y es necesaria para la detección visual explícita (Logothetis, 1998; Tong, Nakayama, Vaughan y Kanwisher, 1998).

De acuerdo con el modelo expuesto por Lamme (2003), la conciencia visual fenoménica se genera en la corriente visual ventral debido a interacciones locales recurrentes entre áreas visuales ventrales inferiores y superiores, es decir, surge a partir de la interacción local entre las áreas frontal y parietal con las cortezas sensoriales. Por

tanto, la detección explícita de un cambio depende fundamentalmente de la interacción entre áreas frontales y parietales de la corteza típicamente asociadas con la atención, y áreas extraestriadas comúnmente asociadas con la extracción de las propiedades de los estímulos visuales. De este modo, para que la percepción explícita de un cambio en la vía visual ventral se haga efectiva, es necesaria la contribución de áreas parietales dorsales y en cierta medida de áreas prefrontales.

El Paradigma de Ceguera al Cambio (CB)

En 1988, Crick y Koch (citado en Pins y Ffytche, 2003) establecieron una estrategia para la investigación sistemática de la conciencia visual. Asumieron que cierta actividad neuronal correlacionaba con la experiencia de la conciencia visual, mientras que otra actividad no lo hacía. Para desenredar estos dos tipos de actividades, se comenzaron a desarrollar paradigmas que disociaban la entrada del input en el sistema visual de la conciencia visual, y que se apoyaban en la idea de que cualquier cambio en la actividad cerebral se podría emplear como una señal para el procesamiento consciente o no consciente. De esta manera, el procesamiento consciente puede verse alterado por la manipulación de la atención. La idea básica de los estudios que presentan este objetivo es contrastar la respuesta neural a estímulos visuales en condiciones en las que alcanzan la conciencia con las respuestas a los mismos estímulos cuando no alcanzan la conciencia (Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011).

La ceguera al cambio (CB) se refiere a la dificultad sustancial de los observadores para detectar cambios entre dos presentaciones sucesivas de imágenes que son separadas por un breve vacío (blanco), parpadeo, movimiento sacádico u otra interrupción (Simons y Levin, 1997). “La ceguera al cambio ocurre cuando los sujetos

están observando una escena en la que uno de los estímulos cambia de posición, color, identidad o simplemente desaparece” (Lamme, 2003, p. 12). Este fenómeno se produce incluso cuando los cambios se producen gradualmente, sin ningún tipo de interrupción (Laloyaux, Devue, Doyen, David y Cleeremans, 2008).

El paradigma de CB implica que el sistema visual no retiene una representación consciente detallada de una escena visual completa fuera del foco de atención. Se emplea como una manera de contrastar la presencia de un cambio en el contenido de la conciencia con su ausencia, mientras que el cambio en el estímulo físico sigue siendo el mismo. El uso de tareas de este paradigma aparece a principios de los años 50, pero su interés surge a mediados de los años 90. Las primeras investigaciones empleaban estímulos artificiales tales como matrices de puntos o letras. Los más recientes, utilizan escenas realistas (Laloyaux et al., 2008).

Las diversas investigaciones acerca de este fenómeno han extraído una serie de conclusiones. En primer lugar, la ceguera al cambio ocurre cuando la atención es desviada de la señal de cambio. En segundo lugar, los cambios en los objetos que son centrales para el significado de la escena, o cambios en objetos distintivos, se detectan más fácilmente que otros cambios, seguramente porque los observadores focalizan la atención en estos objetos importantes. Por otro lado, la atención puede ser necesaria para detectar cambios, ya que los cambios en objetos no atendidos no son detectados. Además, atender a un objeto cambiante puede no ser suficiente para detectar el cambio, lo que sugiere que la detección de cambios requiere que los observadores codifiquen las características cambiantes antes y después de que se produzca el cambio, y que éstos sean capaz de compararlas. Por último, algunas revisiones han informado de una

actividad cerebral diferente entre las condiciones de cambio y las de no cambio (Lyyra, Wikgren, Astikainen, 2010).

Con todos estos hallazgos, se ha concluido que, para que se produzca una detección del cambio, los observadores deben tener tanto una representación de la escena antes de que se produzca el cambio como una representación después de que este ocurra, y ser capaces de comparar ambas representaciones. Debido a que la atención sólo opera en un número limitado de ítems en un momento determinado y que la mayoría de las escenas contienen una mayor cantidad de ítems (Pashler, 1988), es necesario un tiempo considerable para formar una representación de la escena. Así, la ceguera al cambio podría producirse por un fallo en este proceso de comparación, en lugar de (o además de) un fracaso para representar la escena anterior al cambio. De esta manera, aunque las representaciones sean necesarias para detectar un cambio, la falta de detección de un cambio no implica la ausencia de una representación.

En los experimentos de percepción de cambios, es posible emplear dos tipos de estrategias. Por un lado, el cambio se puede producir gradualmente, de manera que la señal de movimiento no llame la atención (Simons, Franconeri y Reimer, 2000). Por otro lado, el cambio puede ser una continuación de un evento (como un breve destello, un movimiento ocular u oclusión), que crea una señal global de movimiento que es capaz de inundar la señal asociada con el cambio (Rensink, O'Regan y Clark, 1997).

Dos ejemplos de experimentos realizados en este ámbito son los que se muestran en la Figura 4. La Figura 4a muestra el paradigma “One-shot paradigm”, en el cual una imagen se presenta brevemente, seguida de un breve espacio en blanco o una máscara, y a continuación se presenta una segunda pantalla, que puede poseer algún cambio con respecto a la primera. En este paradigma, se mide la precisión en la detección del

cambio. Por su parte, la Figura 4b muestra el paradigma “Flicker” en el que dos pantallas se alternan de manera continua hasta que los observadores informan de la presencia o ausencia de un cambio. La pantalla en blanco produce un cambio de iluminación en la imagen, que sirve para enmascarar la señal producida por el cambio. En este caso, el objetivo es medir el tiempo necesario para detectar el cambio (Laloyaux et al., 2008).

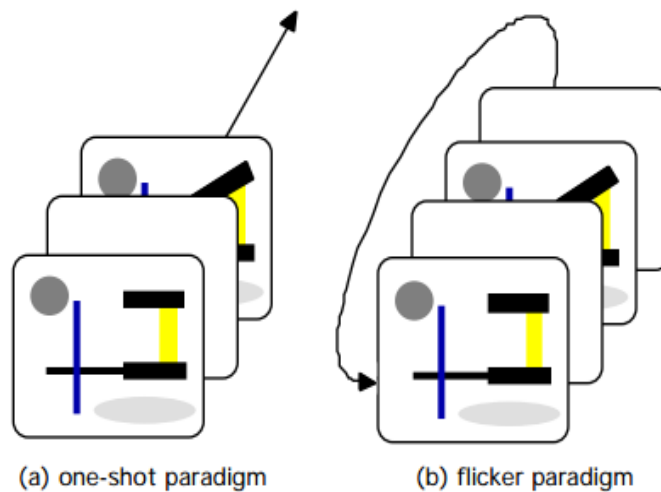


Figura 4. Ejemplos de técnicas empleadas para inducir la ceguera al cambio (CB). Tomado de Rensink (2005). En L. Itti, G. Rees y J.K. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of Attention* (pp. 76-81). California: Elsevier.

Teniendo en cuenta lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue el de analizar los correlatos neurocognitivos (conductuales y electrofisiológicos) de la detección explícita de cambios empleando un paradigma de ceguera al cambio "one-shot" que permite contrastar los correlatos asociados a la consciencia visual en condiciones estímulares idénticas.

Para ello se analizarán los datos de un registro EEG efectuado durante la ejecución de una tarea de ceguera al cambio. Concretamente, se realizará un análisis espaciotemporal de las variaciones de amplitud en los rangos de latencia de los componentes más estudiados en este contexto (VAN y LP), en electrodos situados en localizaciones frontales (F3, F4), centrales (C3, C4), parietales (P3, P4), y occipitales (O1, O2).

Método

1 Participantes

11 sujetos, diestros, 6 mujeres y 5 hombres de edades comprendidas entre los 23 y 38 años, sin historia de trastornos neurológicos y/o psiquiátricos y con visión normal y/o corregida.

2 Instrumentos

Los estímulos consistieron en imágenes formadas por cuatro rejillas sinusoidales (25% contraste, 2.6 cpd, 5 cd/m²) de 1.8 cm de diámetro ocupando cada una de ellas 1° de ángulo visual y dispuestas sobre un fondo de pantalla gris. Las rejillas presentaban una orientación vertical u horizontal. Los centros de las rejillas estaban situados a 4.81cm del punto de fijación, en un círculo de 2.75° (ángulo visual) de radio, es decir, 5.5° Ø.

Durante la tarea se presentaron secuencias de dos imágenes sucesivas en las que uno de los estímulos que conformaban segunda escena podía ser igual o diferente de la primera. El cambio consistió una rotación de 90° en uno de los enrejados con respecto del original, mientras que los otros tres enrejados permanecían idénticos. Los cambios en cualquier elemento ocurrieron en un orden aleatorio y con igual probabilidad. De igual modo, se mezclaron al azar ensayos con y sin cambio. El punto de fijación permaneció constante durante toda la secuencia de presentación de los estímulos.

3 Procedimiento

Cada ensayo comenzó con la breve presentación de dos imágenes (S1 y S2) durante 133ms y separadas por un ISI ("Interval inter stimulus") de una duración de 650 ms. Después de la presentación de la segunda imagen, el sujeto debía responder, mediante la presión de uno de los botones de respuesta si había percibido o no un cambio entre las dos imágenes. Entre cada ensayo se incluyó un intervalo (ITI, "inter-trial interval") de una duración de 2500 ms. Se presentaron un total de 360 ensayos, el 66% con cambio y el resto sin cambio.

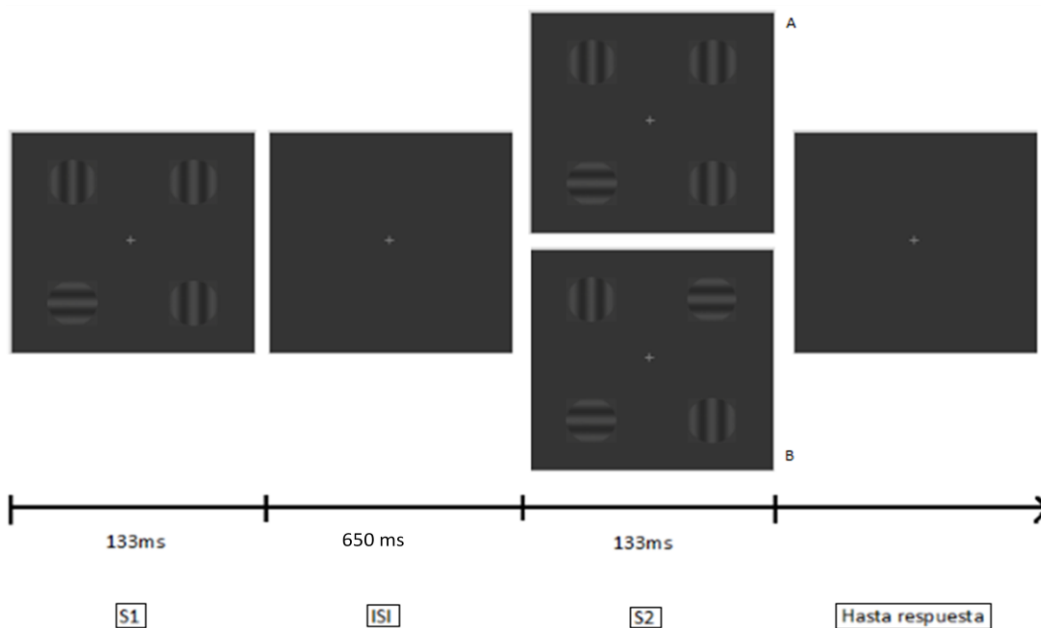


Figura 5. Tarea de ceguera al cambio. En primer lugar, durante 133 ms, se presenta a los participantes una imagen de cuatro rejillas sinusoidales (S1) con una orientación vertical u horizontal. A continuación, un intervalo entre estímulos (ISI) de 650 ms de duración, seguido de nuevo por otra imagen con las cuatro rejillas (S2), en una de las cuales puede haberse producido un cambio de orientación.

Los cambios en cualquier elemento ocurrieron en un orden aleatorio y con igual probabilidad. Del mismo modo, se mezclaron al azar ensayos con y sin cambio. La presentación de estímulos y el registro de respuestas conductuales se realizó empleando el software Presentation®.

La tarea de los participantes consistió en mantener su mirada en el punto de fijación central e informar de si habían percibido un cambio entre ambas imágenes presionando un botón con la mano derecha e izquierda con la mayor rapidez y precisión posibles. A los sujetos se les insistió especialmente en que sólo debían indicar la existencia de un cambio en caso de estar completamente seguros de haberlo percibido.

4 Análisis

Registro y análisis de los datos conductuales

Durante la ejecución de la tarea se registró como medida conductual el porcentaje de respuestas en cada condición (Cambio correctamente detectado o CC, Ceguera al cambio o "Change blindness" o CB, No cambio correctamente detectado o NCC, y falsas alarmas o FA). No consideramos necesario realizar análisis estadísticos sobre dichos porcentajes, dado que el único propósito de estas medidas fue el de establecer si la ejecución de los participantes se ajustaba a lo requerido en la tarea.

Registro de potenciales evocados

Los registros se realizaron en una sala eléctricamente aislada, con sonido atenuado y tenuemente iluminada. Para realizar el experimento, los participantes se sentaron en un sillón a una distancia de 100 cm de un monitor CRT de 21 pulgadas (1024 x 768 a 100 Hz) con un dispositivo con dos opciones de respuesta.

Se registraron de forma continua los datos electroencefalográficos (0.05-100 Hz; filtro notch de 50 Hz) en 60 localizaciones empleando amplificadores BrainAmp (BrainProducts, Munich, Alemania) y electrodos sinterizados de plata-cloruro de plata montados en un gorro elástico (EASYCAP, Herrsching-Breitbrunn, Alemania) con una tasa de muestreo de 500 Hz y un factor de amplificación de 10 k. Los electrodos para el registro EEG fueron colocados siguiendo el sistema internacional 10-20 extendido (Fp1, Fp2, AF7, AF3, AFz, AF4, AF8, F7, F5, F3, F1, Fz, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6, T8, TP7, CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6, TP8, P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO3, POz,

PO4, PO8, O1, Oz, O2) y referenciados a la punta de la nariz. Cuatro electrodos adicionales fueron colocados encima y debajo del ojo izquierdo y en los cantos externos de ambos ojos para controlar los parpadeos y movimientos oculares. Un único electrodo de tierra fue situado en el nasion. En todos los electrodos se mantuvieron las impedancias por debajo de 10 k Ω .

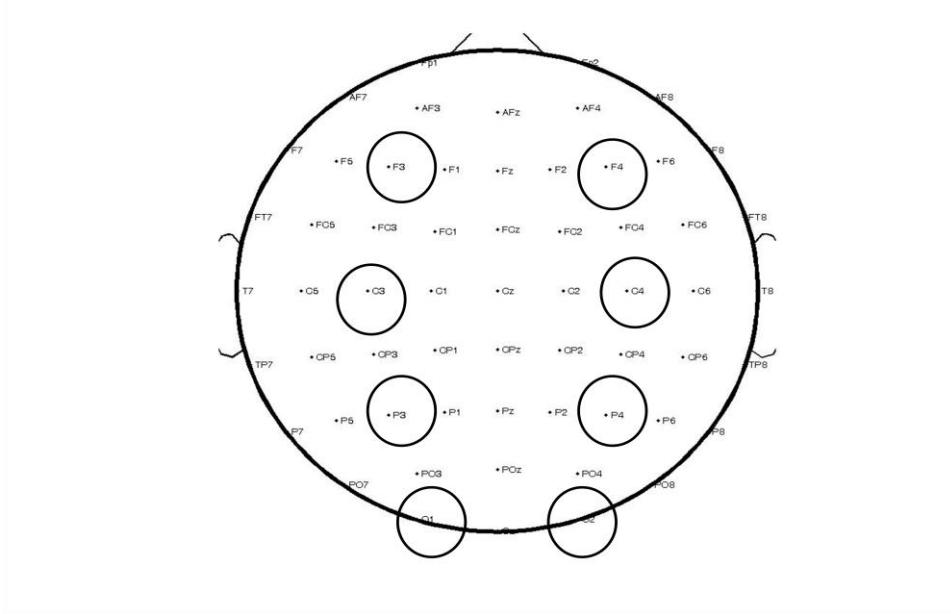


Figura 6. Disposición de los electrodos para el registro de EEG. Están señalados con un círculo los electrodos que serán objeto de análisis estadístico en el presente trabajo.

Obtención y análisis de PE

Los artefactos oculares verticales fueron eliminados del EEG empleando el método de corrección implementado en el software Vision Analyzer (Gratton, Coles & Donchin, 1983). La segmentación del EEG continuo se realizó en épocas de 1 segundo, correspondientes a 100 ms pre-estimulares (línea base) y 900 ms post-estimulares en relación a la presentación de S2 para cada una de las condiciones por separado (CC y CB). A continuación se eliminaron los ensayos individuales cuya actividad excediera

los $\pm 90 \mu\text{V}$, los segmentos obtenidos se filtraron digitalmente con un filtro FIR, de paso banda de 0.5-30 Hz y se corrigió la línea base (-100 ms) en todos los canales activos.

Con objeto de observar los componentes VAN y LP se calcularon ondas de diferencia obtenidas mediante la sustracción de la condición CC menos CB en cada electrodo y sujeto.

Las ventanas temporales elegidas para la cuantificación de los efectos experimentales en los PE fueron determinadas en función de los grandes promedios obtenidas en las ondas de sustracción (ver Figura 11).

En los trazados PE resultantes, las diferencias entre condiciones (CC, CB) fueron analizadas comparando mediante ANOVA de medidas repetidas los valores de amplitud media en las ventanas de tiempo comprendidas entre 280 y 320 ms (componente VAN o "Visual Awareness Negativity") y entre 470 y 510 ms (componente LP o "late positivity"), ambas con respecto a la presentación de S2, en localizaciones frontales (F3, F4), centrales (C3, C4), parietales (P3, P4), y occipitales (O1, O2). Por tanto tres factores fueron incluidos en el ANOVA de medidas repetidas: condición (2 niveles); región (4 niveles) y hemisferio (2 niveles). Con objeto de simplificar la interpretación de los resultados, sólo se informará de efectos significativos relativos al factor condición y sus interacciones de primer nivel.

Los grados de libertad se corrigieron cuando fue necesario empleando la estimada de Greenhouse-Geisser. Se aceptó un nivel de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo. Para realizar pruebas a posteriori se empleó el contraste de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Resultados

Tasa de aciertos

Los datos expuestos en la Figura 7 muestran que para los ensayos en los que se introdujo un cambio en el estímulo entre una presentación y la siguiente, estos cambios fueron correctamente detectados en un 49,43 % de los ensayos (CC), mientras que en un 50,56% de los ensayos, los sujetos no informaron de la percepción de ningún cambio (CB). Se observó una alta precisión de respuesta en los ensayos de no-cambio, produciéndose solamente un 5% de falsas alarmas (FA).

Tiempos de reacción

En cuanto a los tiempos de reacción (véase Figura 8), éstos fueron similares en las cuatro condiciones. Específicamente, las respuestas fueron ligeramente más rápidas en los ensayos de cambios correctamente detectados (686,9 ms) que en la condición de ceguera al cambio (687,3 ms) y, a su vez, los tiempos de reacción fueron menores en los ensayos de no cambio (632,6 ms) que en los ensayos con cambio.

Tasa de aciertos

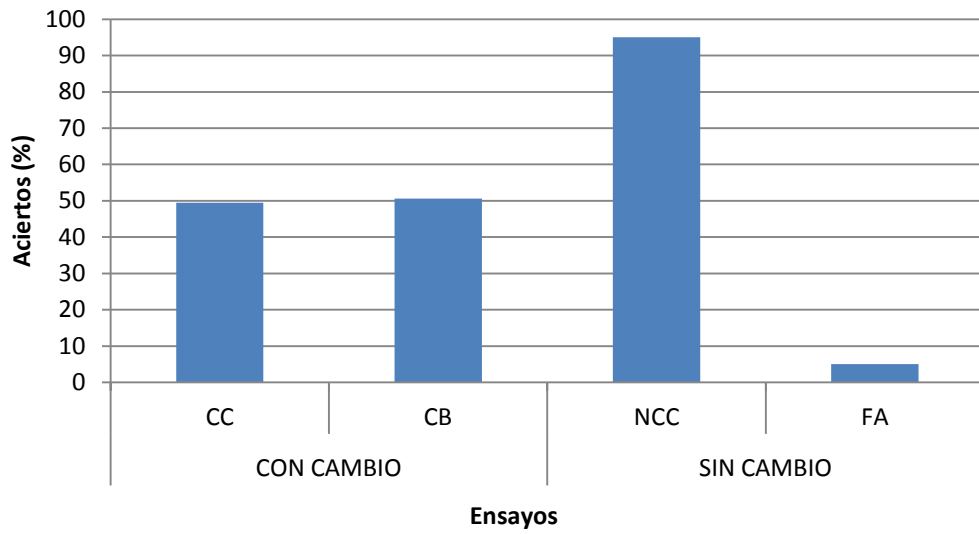


Figura 7. Tasa de aciertos (%) para N=11.

Tiempo de reacción

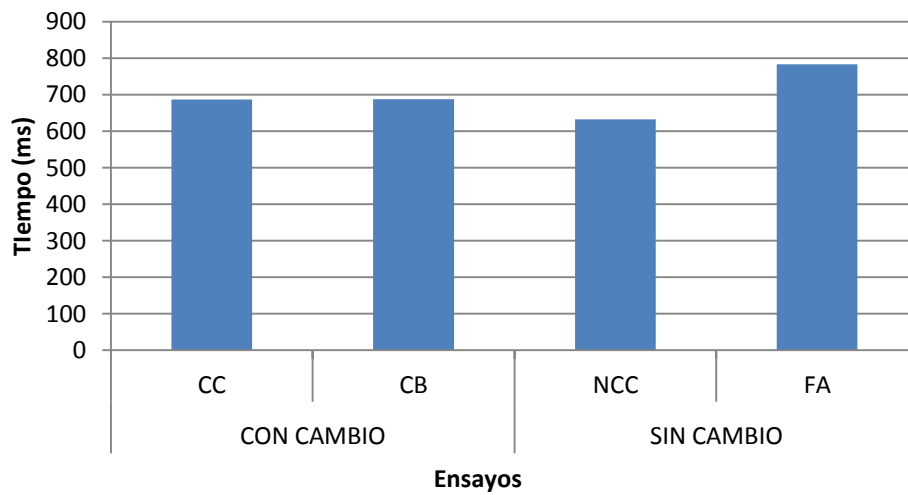


Figura 8. Tiempo de reacción (ms) para N=11.

Resultados electrofisiológicos

Como se observa en la Figura 9, los potenciales evocados ante S2 se caracterizaron por una deflexión negativa (N2) de distribución posterior, seguida por un componente positivo (P3) que fue máximo en regiones centro-parietales. Ambos componentes mostraron una mayor amplitud ante la condición CC que en la condición CB.

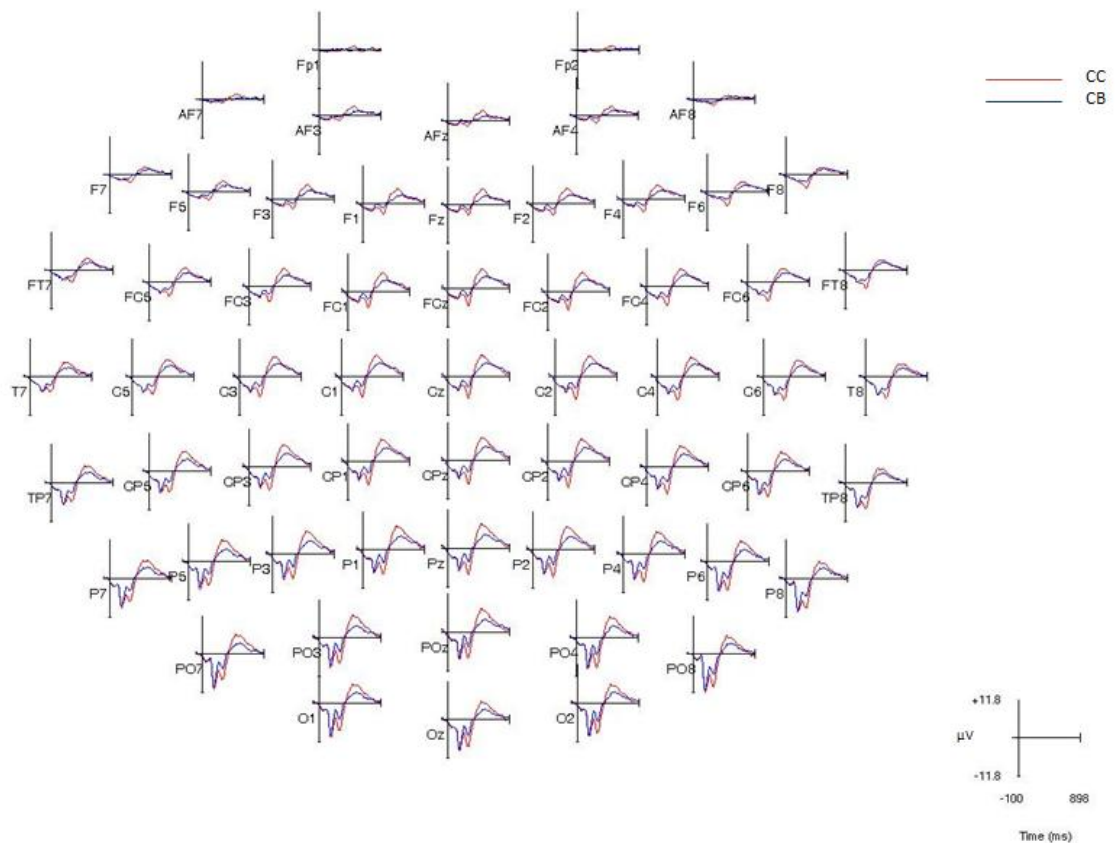


Figura 9. Grandes promedios (N=11) ante ensayos correctamente detectados (CC: línea roja), y ensayos con cambio no detectados o ceguera al cambio (CB: línea azul).

Tomando como referencia un electrodo situado en la localización parietal, el electrodo Pz (véase Figura 10), se observa una deflexión negativa alrededor de los 250-350 ms tras la presentación del estímulo, que presenta mayor amplitud ante cambios correctamente detectados al ser comparados con aquellos ensayos de ceguera al cambio. En latencias más tardías, alrededor de los 450-520 ms se observa una gran deflexión positiva que, de nuevo, presenta mayor amplitud ante ensayos con cambio correctamente detectado.

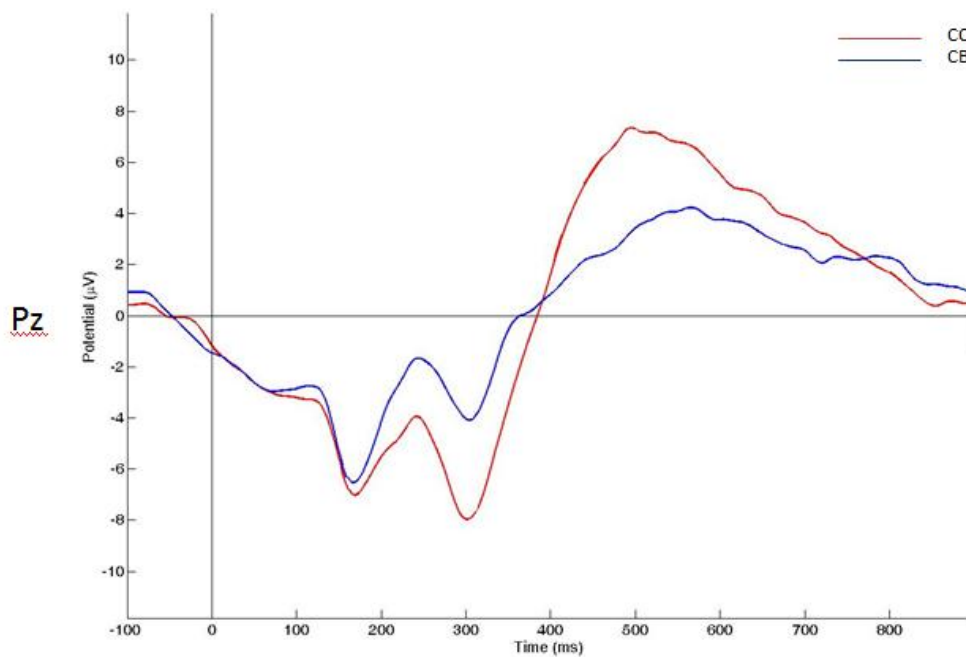


Figura 10. Gran promedio (N=11) ante ensayos correctamente detectados (CC: línea roja), y ensayos con cambio no detectados o ceguera al cambio (CB: línea azul) en localización parietal, electrodo Pz.

Para ilustrar las diferencias entre cambios correctamente detectados y cambios no detectados de una forma más clara, se obtuvieron las ondas de sustracción (véase Figura 11), resultantes de restar los datos de las condiciones CC y CB. Las ondas de sustracción muestran que las diferencias entre ambas condiciones fueron máximas alrededor de los 300 ms (VAN) y 490 ms (LP).

En los mapas de isovoltaje de ambos componentes, se observa una mayor negatividad (VAN) en áreas posteriores y mayor positividad (LP) en áreas parieto-occipitales.

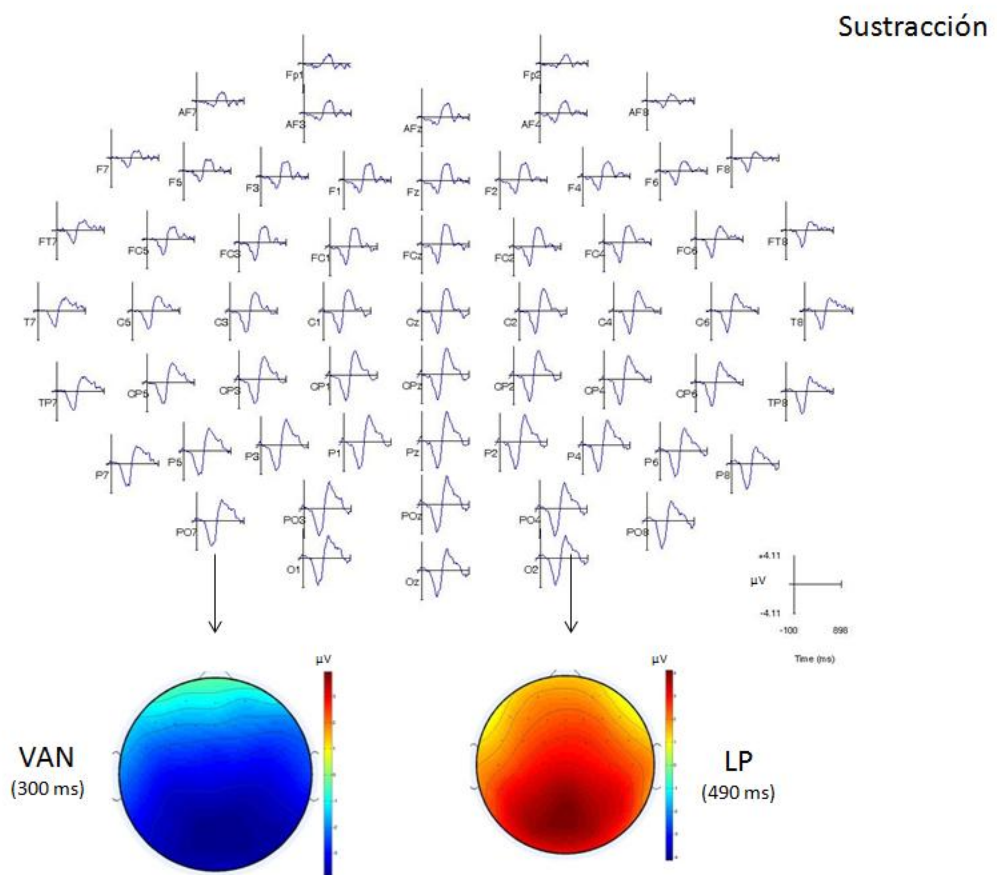


Figura 11. Onda de sustracción. Mapas de isovoltaje de los componentes "Visual Awareness Negativity" (VAN) a los 300 ms y "Late positivity" (LP) a los 490 ms.

En el rango de latencias correspondientes a VAN y comprendidas entre los 280 y 320 ms, los análisis estadísticos efectuados sobre las amplitudes medias revelaron un efecto significativo del factor condición, $F=14.910 (1,10)$, $p<.001$; el factor región, $F=13.859 (3,8)$, $p<.001$ y en el factor región por condición $F=3.521 (3,8)$, $p<.001$.

Análisis posthoc con corrección para comparaciones múltiples y la obtención de estadísticos descriptivos informan, como se muestra en la Figura 12 y en la Figura 13, que las amplitudes medias en este rango de latencias fueron mayores en la condición CC que CB, y, aunque significativas en todas las regiones, las amplitudes más marcadas se observaron en regiones parietales, $F=15.918 (1,10)$, $p<.001$ y occipitales, $F=15.257 (1,10)$, $p<.001$ (Figura 14).

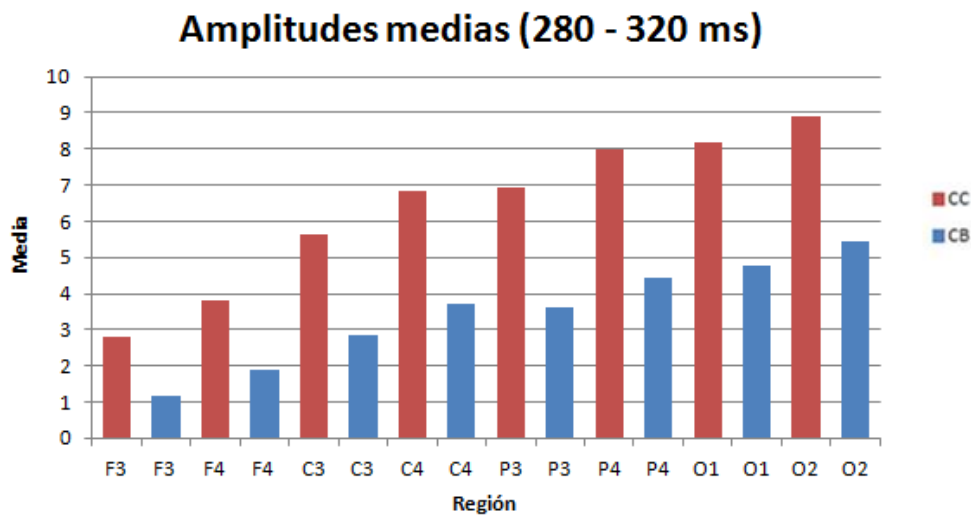


Figura 12. Amplitudes medias en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN). Se observan amplitudes medias mayores ante ensayos correctamente detectados (CC: barras rojas) que ante ensayos con cambios no detectados o ceguera al cambio (CB: barras azules) en áreas parietales y occipitales.

Interacción Región - Condición en el rango de latencias correspondientes a VAN

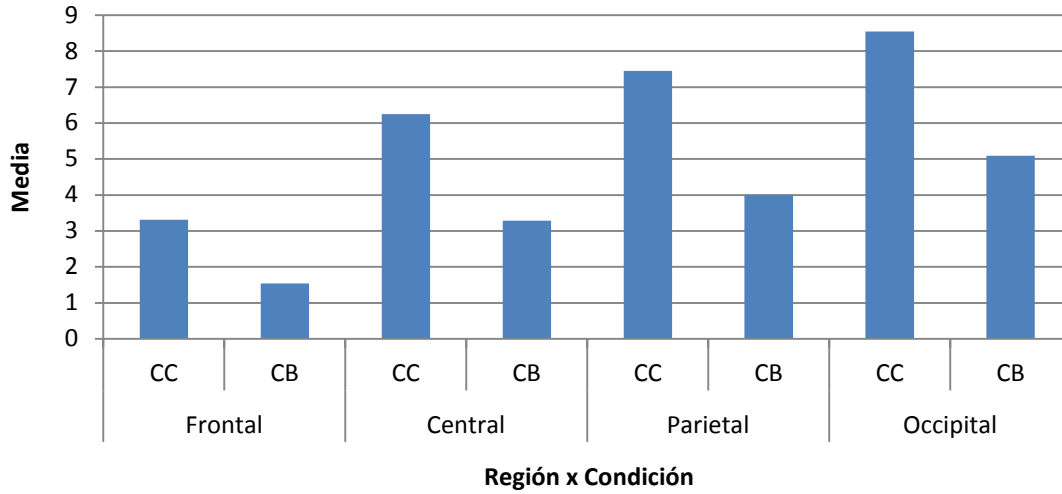


Figura 13. Interacción entre los factores región y condición en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN).

Región (VAN)

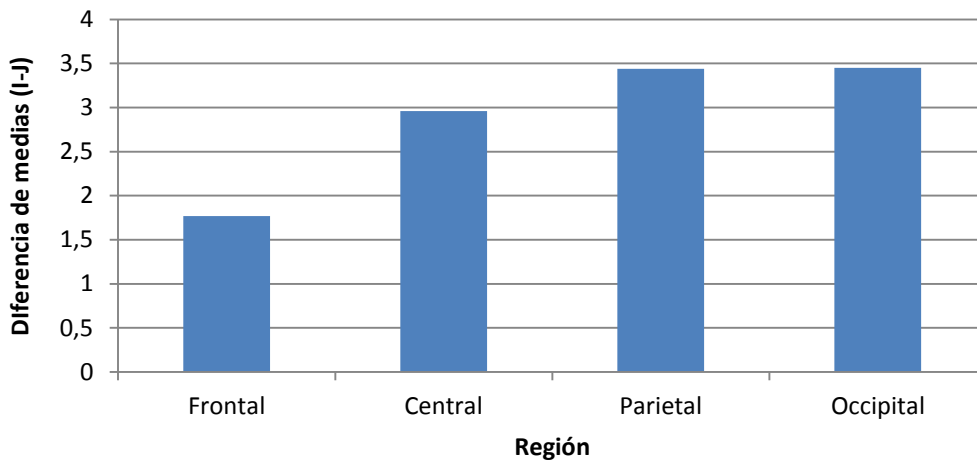


Figura 14. Diferencia de medias para el factor Región en VAN. La diferencia entre las condiciones CC y CB, aunque significativa en todas las regiones, es máxima en regiones parietales (-3.440 μV) y occipitales (-3.451 μV), $p=.003$ en ambas regiones.

Como puede observarse en las figuras expuestas, las diferencias entre ambas condiciones son más marcadas en regiones occipito-parietales.

En el rango de latencias correspondientes a la LP y comprendidos entre los 470 y 510 ms los análisis revelaron un efecto significativo del factor condición, $F=31.962 (1,10)$, $p<.001$; el factor región, $F=5.379 (3,8)$, $p<.001$; y el factor región por condición $F=6.533 (1,10)$, $p<.001$.

Análisis posthoc con corrección para comparaciones múltiples y la obtención de estadísticos descriptivos indicaron, como se muestra en la Figura 15 y en la Figura 16, que las amplitudes medias en este rango de latencias, al igual que ocurría con el componente VAN, fueron mayores en la condición CC que en CB, que aunque significativamente diferentes en todas las regiones analizadas, fueron más marcadas en regiones parietales, $F=45.787 (1,10)$, $p<.001$; y centrales, $F=23.895 (1,10)$, $p<.001$.

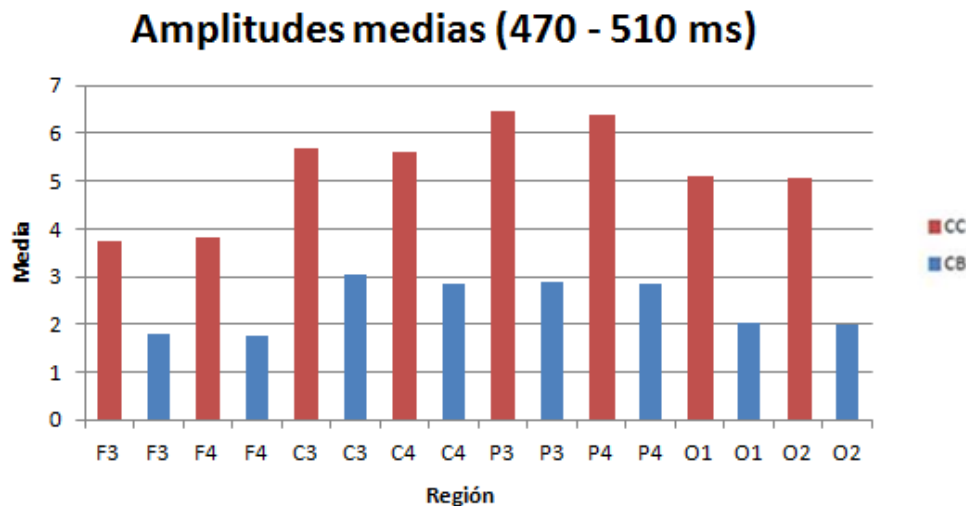


Figura 15. Amplitudes medias en el rango de latencias comprendidas entre los 470-510 ms (LP). Se observan amplitudes medias mayores ante ensayos correctamente detectados (CC: barras rojas) que ante ensayos con cambios no detectados o ceguera al cambio (CB: barras azules) en áreas centrales y parietales.

Interacción Región - Condición en el rango de latencias correspondientes a LP

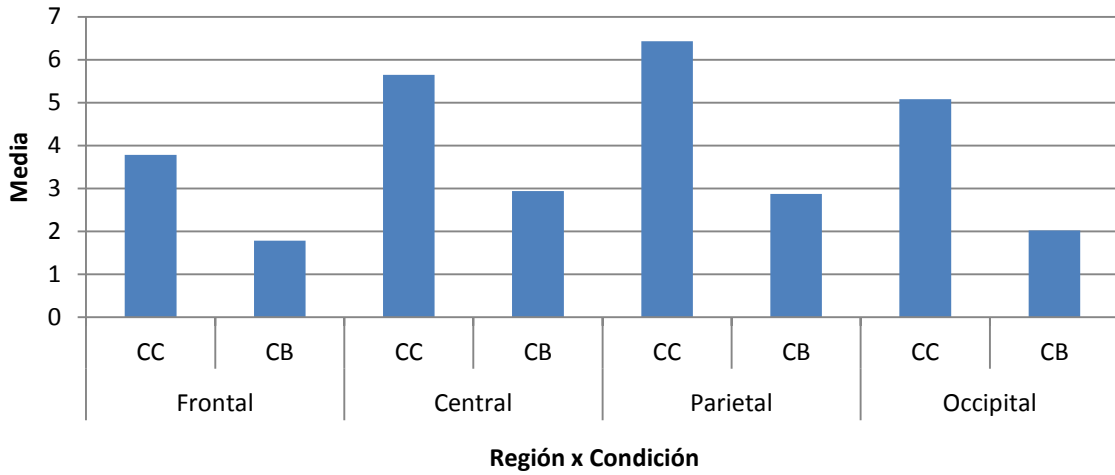


Figura 16. Interacción de los factores Región y Condición en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN). Las amplitudes medias son más elevadas en la condición CC que en la condición CB, sobre todo en regiones parietales y centrales.

Como se observa en la Figura 17, las diferencias entre ambas condiciones son mayores en regiones parieto-occipitales.

Región (LP)

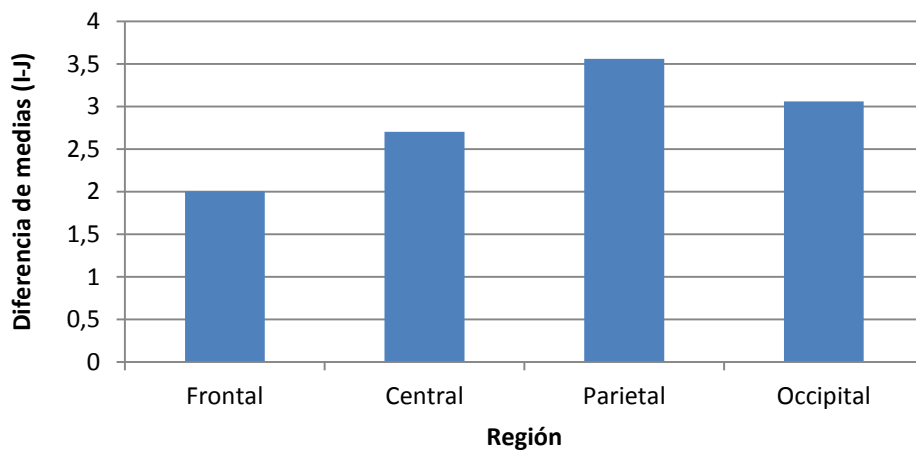


Figura 17. Diferencia de medias para el factor Región en LP. La diferencia entre las condiciones CC y CB es máxima en regiones parietales (3.558 μ V) y occipitales (3.058 μ V), $p < .001$.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio indican que los cambios correctamente detectados elicitán una negatividad (VAN) a los 300 ms tras la presentación del estímulo en áreas occipito-parietales, seguida de una amplitud positiva (LP) alrededor de los 490 ms en regiones centro-parietales. Estas amplitudes que se presentan ante cambios correctamente detectados (CC) son mayores que ante cambios no detectados (CB).

“Operacionalmente, los correlatos neurales de la conciencia se definen como la diferencia entre las respuestas cerebrales ante cambios detectados y cambios no detectados” (Koivisto y Revonsuo, 2003, p. 427). Los resultados del presente estudio, como los datos obtenidos a partir de otras investigaciones, muestran que efectivamente la detección explícita de cambios se refleja en dos componentes diferentes de ERP, denominados “Visual Negativity Awareness” (VAN) y “Late Positivity” (LP), que presentan diferente polaridad, curso temporal y distribución topográfica.

En diversos estudios, se ha encontrado que esta amplitud negativa surge alrededor de los 200 ms tras la presentación del estímulo en áreas occipito-parietales

(Turatto, Angrilli, Mazza, Umiltá y Driver, 2002; Kaernbach, Schöger, Jacobsen y Roeber, 1999), seguida de una positividad a los 300 ms tras la presentación del estímulo en regiones centrales y parietales (Babiloni, Vecchio, Miriello, Romani y Rossini, 2006; Del Cul, Baillet y Dehaene, 2007). En el 2003, Fernández-Duque, Grossi, Thornton y Neville encontraron un aumento positivo centro-parietal después de los 350 ms, semejante a LP, que estaba relacionado con la detección explícita de cambios.

Uno de los hallazgos comunes a las diferentes investigaciones acerca de estos componentes de ERP señalan que la detección consciente de un cambio (CC) genera amplitudes mayores que la no detección del cambio (CB), tanto mayores amplitudes negativas en el caso de la VAN como positivas en el caso de la LP. En el presente trabajo, se ha observado el mismo efecto, afirmación que se puede observar en las figuras expuestas en el apartado de resultados (véase, por ejemplo, Figura 12, Figura 13, Figura 15 y Figura 16).

Debido a que estos dos correlatos electrofisiológicos presentan distinta polaridad, curso temporal y distribución, se sugiere que reflejan también distintos procesos de la conciencia.

Se ha señalado anteriormente que existen dos términos diferenciados, a saber, conciencia fenoménica y conciencia reflexiva, de manera que la conciencia fenoménica hace referencia a experiencias subjetivas (Block, 1995), y la conciencia reflexiva o “acceso a la conciencia” hace referencia a una conciencia de orden superior que selecciona aquellos contenidos de la conciencia fenoménica que van a ser procesados en la memoria de trabajo, de manera que la información contenida podrá ser empleada para el razonamiento, el control de las acciones o para el control racional del habla.

El componente negativo (VAN) parece estar relacionado con los procesos neurales que ocurren cuando el estímulo entra en la conciencia fenoménica. Esta idea se apoya en los estudios realizados por Turrato et al. (2002), que encontraron una negatividad en electrodos occipitales alrededor de los 200 ms cuando compararon cambios que fueron detectados con aquellos no detectados.

Cabe señalar que los resultados obtenidos mediante el ANOVA a partir de los datos empleados para la realización de este estudio muestran una latencia de VAN de 300 ms, latencia más tardía que la extraída de diversos estudios, como los expuestos anteriormente y en la introducción. Sin embargo, este dato se debe a que el rango de latencias seleccionado para realizar el análisis comprende amplitudes entre los 280 – 320 ms, por lo que no supone una diferencia significativa en relación a los resultados encontrados en las diferentes investigaciones. Incluso estudios como el de Busch, Fründ y Herrmann (2010) encontraron que la mera detección del cambio (sin necesidad de identificar el objeto cambiante), así como la identificación del cambio, elicitaban un aumento de negatividad en la ventana temporal a los 130-320 ms que se corresponde con la VAN.

Por otra parte, las regiones que se han encontrado que están involucradas en mayor medida con este componente negativo coinciden con las halladas en trabajos anteriores, siendo éstas regiones parietales y occipitales (posteriores). Este resultado, por tanto, estaría de acuerdo con el modelo de Lamme (2003), que afirma que la conciencia visual fenoménica se genera en la corriente visual ventral. Lo más probable es que los mecanismos neurales de los contenidos de la conciencia fenoménica residan en áreas visuales extraestriadas, especialmente a lo largo de la corriente visual ventral.

En cuanto al componente positivo de los ERPs, llamado “Late Positivity” (LP), presenta, de nuevo, mayores amplitudes en aquellos ensayos en los que el cambio fue detectado que en aquellos en los que los sujetos no fueron conscientes del cambio. La LP normalmente es elicitada a partir de juicios de identidad, reconocimiento y decisiones binarias (Donchin y Coles, 1988). De esta manera, las diferencias entre las condiciones CC y CB en este componente se asocian con el procesamiento consciente, es decir, con aquella información de la conciencia fenoménica que es procesada en la memoria de trabajo. En el año 2006, Pourtois, De Pretto, Hauert y Vuilleumier estudiaron la detección de cambios y la ceguera al cambio (CB) empleando caras como estímulos y atribuyeron el efecto de P3 (LP), no a la conciencia visual, sino a etapas posteriores de procesamiento. Por tanto, la LP parece estar relacionada con la conciencia reflexiva (Block, 2001).

Como en la VAN, también en LP se ha obtenido una latencia mayor (490 ms) que la encontrada en las investigaciones expuestas, siendo el rango de latencias seleccionado entre los 470 a los 510 ms (Koivisto y Revonsuo, 2003). Sin embargo, otros estudios, como el realizado por Niedeggen, Wichmann y Storeig en el año 2001 han informado de amplitudes positivas que comprenden desde los 300 hasta los 700 ms en áreas centrales y parietales, zonas que también han sido informadas en los resultados del presente estudio.

En resumen, en el estudio presentado se exponen los dos componentes de ERP relacionados con la detección consciente de cambios. Estos componentes presentan distinta polaridad, curso temporal y distribución topográfica, lo que sugiere que reflejan procesos diferentes subyacentes a la conciencia. El primer componente de ERP relacionado con la conciencia consiste en una negatividad alrededor de los 300 ms tras

la presentación del estímulo, que alcanza su máximo en áreas posteriores y está relacionado con la conciencia fenoménica (Block, 2001). A este componente le sigue una positividad a los 490 ms tras la presentación del estímulo, que alcanza su máxima amplitud en áreas centro-parietales, y que parece estar relacionado con estados posteriores del procesamiento consciente, es decir, con la conciencia reflexiva (Block, 2001). Por último, ambos componentes presentan mayores amplitudes ante cambios correctamente detectados (CC) que ante cambios no detectados (CB) en un paradigma de ceguera al cambio.

Estudios posteriores en este ámbito deberán ser realizados con el objeto de disociar funcionalmente estos componentes con el fin de determinar el papel que tiene cada uno de ellos en la detección explícita de cambios.

Referencias bibliográficas

- Babiloni, C., Vecchio, F., Miriello, M., Romani, G. L. y Rossini, P. M. (2006). Visuo-spatial consciousness and parieto-occipital areas: a high-resolution EEG study. *Cerebral Cortex*, 16(1), 37-46.
- Beck, D. M., Rees, G., Frith, C. D. y Lavie, N. (2001). Neural correlates of change detection and change blindness. *Nature Neuroscience*, 4, 645-650.
- Block, N. (1995). On a confusion about a function of consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 227-287.
- Block, N. (2001). Paradox and cross purposes in recent work on consciousness. *Cognition*, 79, 197-219.
- Busch, N. A., Fründ, I. y Herrmann, C. S. (2010). Electrophysiological evidence for different types of change detection and change blindness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(8), 1852-1869.
- Carrasco, M., Ling, S. y Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, 7, 308-313.
- Carretié, L. (2001). *Psicofisiología: Fundamentos Metodológicos* (pp. 113-131). Madrid: Pirámide.
- Del Cul, A., Baillet, S. y Dehaene, S. (2007). Brain dynamics underlying the nonlinear threshold for access to consciousness. *PLoS Biology*, 5(10), 2408-2423.
- Donchin, E. y Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 355-372.
- Eimer, M. y Mazza, V. (2005). Electrophysiological correlates of change detection. *Psychophysiology*, 42, 328-342.
- Fernández-Duque, D., Grossi, G., Thornton, I. M. y Neville, H. J. (2003). Representation of change: separate electrophysiological markers of attention, awareness, and implicit processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(4), 1-17.
- Hillyard, S. A. y Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 95, 781-787.

- Kaernbach, C., Schöger, E., Jacobsen, T. y Roeber, U. (1999). Effects of consciousness on human brain waves following binocular rivalry. *NeuroReport*, *10*(4), 713-716.
- Koivisto, M. y Revonsuo, A. (2003). An ERP study of change detection, change blindness, and visual awareness. *Psychophysiology*, *40*, 423-429.
- Koivisto, M. y Revonsuo, A. (2008). The role of selective attention in visual awareness of stimulus features: Electrophysiological studies. *Cognitive, Affective & Behavioural Neuroscience*, *8*, 195-210.
- Koivisto, M. y Revonsuo, A. (2010). Event-related brain potential correlates of visual awareness. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *34*, 922-934.
- Koivisto, M., Lähteenmäki, M., Soerensen, T. A., Vangkilde, S., Overgaard, M. y Revonsuo, A. (2008). The earliest electrophysiological correlate of visual awareness? *Brain and Cognition*, *66*(1), 91-103.
- Koivisto, M., Revonsuo, A. y Lehtonen, M. (2006). Independence of visual awareness from the scope of attention: An electrophysiological study. *Cerebral Cortex*, *16*(3), 415-424.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in cognitive sciences*, *7*(1), 12-18.
- Logothetis, N. K. (1998). Single units and conscious vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *353*, 1801-1818.
- Laloyaux, C., Devue, C., Doyen, S., David, E. y Cleeremans, A. (2008). Undetected changes in visible stimuli influence subsequent decisions. *Consciousness and Cognition*, *17*, 646-656.
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-related Technique*. Cambridge: MIT Press.
- Luck, S. J. y Ford, M. A. (1998). On the role of selective attention in visual perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, *95*(3), 825-830.
- Lyyra, P., Wikgren, J. y Astikainen, P. (2010). Event-related potentials reveal rapid registration of features of infrequent changes during change blindness. *Behavioral and Brain Functions*, *6*, 12-18.
- Niedeggen, M., Wichmann, P. y Storeig, P. (2001). Change blindness and time to consciousness. *European Journal of Neuroscience*, *14*, 1719-1726.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, *44*(4), 369-378.
- Pins, D. y Ffytche, D. (2003). The neural correlates of conscious vision. *Cerebral Cortex*, *13*, 461-474.
- Pourtois, G., De Pretto, M., Hauert, C. A. y Vuilleumier, P. (2006). Time course of brain activity during change blindness and change awareness: Performance is predicted by neural events before change onset. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*, 2108-2129.
- Railo, H., Koivisto, M. y Revonsuo, A. (2011). Tracking the processes behind conscious perception: A review of event-related potential correlates of visual consciousness. *Consciousness and Cognition*, *20*, 972-983.
- Rensink, R. A. (2001). Change Blindness: Implications for the Nature of Visual Attention. En M. Jenkin y L. Harris (Eds.), *Vision and Attention* (pp. 169-188). New York: Springer
- Rensink, R. A. (2002). Change Blindness. *Annuary Review of Psychology*, *53*, 245-277.

- Rensink, R. A. (2005). Change Blindness. En L. Itti, G. Rees y J.K. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of Attention* (pp. 76-81). California: Elsevier.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K. y Clark, J. J. (1997). To See or not to See: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes. *Psychological Science*, 8, 368-373.
- Schankin, A. y Wascher, E. (2007). Electrophysiological correlates of stimulus processing in change blindness. *Experimental brain research*, 183, 95-105.
- Simons, D. J. y Ambinder, M. S. (2005). Change Blindness: Theory and Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 44-48.
- Simons, D. J., Franconeri, S. L. y Reimer, R. L. (2000). Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception*, 29(10), 1143-1154.
- Simons, D. J. y Levin, D. T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 261-267.
- Tollner, A. M. (2006). *Individual and Team Susceptibility to Change Blindness* (Tesis Doctoral). University of Cincinnati, Cincinnati.
- Tong, F., Nakayama, K., Vaughan, J. T. y Kanwisher, N. (1998). Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron*, 21, 753-759.
- Turatto, M., Angrilli, A., Mazza, V., Umiltà, C. y Driver, J. (2002). Looking without seeing the background change: Electrophysiological correlates of change detection versus change blindness. *Cognition*, 84, 1-10.

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de los tres componentes de ERP (Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011).....	11
Figura 2. Ondas de diferencia mediante la sustracción de ERPs en respuesta a ensayos sin detección explícita de cambios ("unaware") de aquellos cuyos cambios fueron correctamente detectados ("aware") (Koivisto y Revonsuo, 2010).....	11
Figura 3. Distribución topográfica típica de VAN y LP (Koivisto y Revonsuo, 2010).....	20
Figura 4. Ejemplos de técnicas empleadas para inducir la ceguera al cambio (Rensink, 2005).....	24
Figura 5. Tarea de ceguera al cambio.....	28
Figura 6. Disposición de los electrodos para el registro de EEG.....	31
Figura 7. Tasa de aciertos (%) para N=11.....	34
Figura 8. Tiempo de reacción (ms) para N=11.....	34
Figura 9. Grandes promedios (N=11) ante ensayos correctamente detectados (CC: línea roja), y ensayos con cambio no detectados o ceguera al cambio (CB: línea azul).....	35
Figura 10. Gran promedio (N=11) ante ensayos correctamente detectados (CC: línea roja), y ensayos con cambio no detectados o ceguera al cambio (CB: línea azul) en localización parietal, electrodo Pz...36	
Figura 11. Onda de sustracción. Mapas de isovoltaje de los componentes "Visual Awareness Negativity" (VAN) a los 300 ms y "Late positivity" (LP) a los 490 ms.....	37
Figura 12. Amplitudes medias en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN).....	38
Figura 13. Interacción entre los factores región y condición en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN).....	39
Figura 14. Diferencia de medias para el factor Región en VAN.....	39
Figura 15. Amplitudes medias en el rango de latencias comprendidas entre los 470-510 ms (LP).....	40
Figura 16. Interacción de los factores Región y Condición en el rango de latencias comprendidas entre los 280-320 ms (VAN).....	41
Figura 17. Diferencia de medias para el factor Región en LP.....	41