


TESIS DOCTORAL

AÑO 2019



**Estudio de la naturaleza de la consciencia visual en
función del nivel de procesamiento del estímulo:
datos conductuales y electrofisiológicos**

Mikel Jiménez Méndez

Máster Universitario en Investigación en Psicología (UNED)

Licenciado en Psicología (UNED)

PROGRAMA DE DOCTORADO EN PSICOLOGÍA DE LA SALUD

Directores:

Pedro R. Montoro Martínez

M^a Dolores Luna Blanco

Departamento de Psicología Básica I

Facultad de Psicología

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

**Estudio de la naturaleza de la consciencia visual en función del
nivel de procesamiento del estímulo: datos conductuales y
electrofisiológicos**

Tesis Doctoral

Mikel Jiménez Méndez

Máster Universitario en Investigación en Psicología (UNED)

Licenciado en Psicología (UNED)

PROGRAMA DE DOCTORADO EN PSICOLOGÍA DE LA SALUD

Directores:

Pedro R. Montoro Martínez

M^a Dolores Luna Blanco

Índice

Listado de figuras	v
Listado de tablas	vii
Agradecimientos	viii
Introducción	9
Capítulo 1. El problema de la consciencia	13
1.1. Concepto y problemática	15
1.2. Enfoques filosóficos	19
Capítulo 2. El estudio científico de la consciencia visual	29
2.1. Definiciones y conceptualización	31
2.2. Investigación sobre los Correlatos Neurales de la Consciencia (CNC) y las bases biológicas de la consciencia visual	32
2.3. Teorías contemporáneas de la consciencia	37
2.3.1. La Teoría del Espacio Global de Trabajo	38
2.3.2. La Teoría Neuronal del Espacio Global de Trabajo	40
2.3.3. La Teoría de la Información Integrada (IIT)	43
2.3.4. Teorías de Orden Superior sobre la Consciencia (Higher-Order Theories of Consciousness)	45
2.3.5. Otros acercamientos al estudio de la consciencia.....	47
Capítulo 3. La naturaleza de la consciencia visual	49
3.1. La naturaleza de la consciencia: gradual vs. dicotómica.....	51
3.2. La hipótesis del nivel de procesamiento.....	55
Capítulo 4. Objetivos y planteamiento general	65
4.1. Objetivos.....	67
4.2. Hipótesis	69
Capítulo 5. The nature of visual awareness at stimulus energy and feature levels: A backward masking studio.	73
5.1. Introduction	77
5.2. Study 1: Stimulus <i>energy level</i>	83
5.2.1. Experiment 1: Target presentation of 13 ms	83
5.2.2. Experiment 2: Target presentation of 27 ms	90
5.2.3. Experiment 3: Target presentation of 40 ms	93
5.2.4. Study 1: Interim discussion	95

5.3. Study 2: Stimulus <i>feature level</i>	96
5.3.1. Experiment 4: Target presentation of 27 ms	97
5.3.2. Experiment 5: Target presentation of 53 ms	103
5.3.3. Experiment 6: Target duration of 80 ms.....	106
5.3.4. Study 2: Interim discussion	109
5.4. Combined analyses of Experiments 2 and 4.....	111
5.5. General discussion	113
5.6. Conclusions	121
Capítulo 6. Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing	123
6.1. Introduction	127
6.2. Methods	130
6.2.1. Participants	130
6.2.2. Stimuli and apparatus	130
6.2.3. Procedure and design.....	132
6.2.4. EEG recordings and data analysis	134
6.3. Results	137
6.3.1. Behavioral.....	137
6.3.2. EEG	143
6.4. Discussion.....	145
Capítulo 7. Conclusiones.....	155
7.1. Nivel de procesamiento y consciencia visual: datos conductuales.....	157
7.2. Duración del estímulo y consciencia visual	158
7.3. Nivel de procesamiento del estímulo: resultados electrofisiológicos.....	159
7.4. Resultados adicionales.....	162
7.5. Limitaciones del trabajo e investigación futura.....	164
Capítulo 8. Referencias	169
ANEXOS.....	187
ANEXO I.....	189
ANEXO II.....	199
Acrónimos y Abreviaturas.....	203
Lista de símbolos.....	205

Listado de figuras

Fig. 1. El dualismo de René Descartes. Los inputs sensoriales pasan a través de los órganos sensoriales a la glándula pineal, y de ahí a la mente inmaterial. En Descartes (1641), <i>Meditaciones metafísicas</i>	20
Fig. 2. Izquierda: PERs en respuesta a un estímulo visual en áreas occipitales, promediado de forma separada para las condiciones consciente vs. inconsciente. Derecha: la onda de diferencia (consciente-inconsciente) muestra que la consciencia correlaciona con una amplitud negativa alrededor de los 200 ms (VAN). A este componente le sigue una amplitud positiva a partir de los 300 ms (LP). Adaptada de Koivisto y Revonsuo (2010).	34
Fig. 3. Lamme (2010) propone cuatro etapas de procesamiento de un estímulo visual, en base a la profundidad de procesamiento (atención) del estímulo y el tipo de procesamiento neuronal (feedforward o hacia delante vs. recurrente). Adaptada de Lamme (2010).	35
Fig. 4. Dehaene et al. (2006) proponen tres etapas de procesamiento: subliminal, preconsciente y consciente. La consciencia surgiría cuando la información de las distintas áreas cerebrales alcanza una reverberación neuronal global. Adaptada de Dehaene et al. (2006).	36
Fig. 5. El espacio global de trabajo de Baars. Adaptada de Baars (2007).	39
Fig. 6. El espacio neuronal global de trabajo. Adaptada de Dehaene et al. (1998).	41
Fig. 7. Niveles de visibilidad en la Perceptual Awareness Scale (PAS). En Ramsøy y Overgaard (2004).	52
Fig. 8. Niveles de representación de un estímulo. Adaptada de Kouider et al. (2010).	55
Fig. 9. (a) Targets in Study 1, (b) Targets in Study 2, (c) Mask organizations, and (d) Mask composition.	84
Fig. 10. (a) Sequence of events in Study 1. (b) Sequence of events in Study 2.	87
Fig. 11. Results of Study 1: (a) awareness ratings (in %) at the different stimulus durations, (b) intermediate ratings (in %) at the different stimulus durations, (c) accuracy performances (proportion correct) per awareness rating. Error bars represent standard deviations (SDs).	90

Fig. 12. Results of Study 2: (a) Awareness ratings (in %) at the different stimulus durations, (b) intermediate ratings (in %) at the different stimulus durations, (c) accuracy performances (proportion correct) per awareness rating. Error bars represent standard deviations (SDs).	102
Fig. 13. a) Example of targets, b) catch trial, c) mask organizations and d) mask composition.	131
Fig. 14. Sequence of events: a) detection task, b) identification task.	134
Fig. 15. Example of mask subtraction process in occipital electrode cluster at SOA of 13 ms in the detection task. In order to separate activity evoked by the target from activity evoked by the mask (i.e. target-only), mask-only waves were subtracted from target + mask waves at each SOA and task conditions.....	136
Fig. 16. Awareness distributions in detection and identification tasks: a) reported awareness ratings (% of trials) across SOA conditions (detection), b) intermediate ratings (% of trials) across SOA conditions (detection), c) reported awareness ratings (% of t trials) across SOA conditions (identification), d) intermediate ratings (% of trials) across SOA conditions (identification), e) intermediate rating comparison (% of trials) between tasks. Error bars represent standard deviations.	139
Fig. 17. Accuracy performances in detection and identification tasks: a) detection accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 13 ms), b) detection accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 27 ms), c) identification accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 27 ms), d) identification accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 40 ms). Chance level accuracy (.25) is shown as dotted lines.	142
Fig. 18. ERPs related to the different awareness ratings in occipital (O1, O2, PO7, PO8) and parietal-occipital (P3, P4, PO3, PO4) electrodes for both detection and identification tasks at the matched SOA of 27 ms.....	144
Fig. 19. (Supplementary Material). ERPs related to different awareness ratings in central-parietal electrodes (C3, C4, CP3, CP4) for the higher-level identification task at the SOA of 27 ms.	201

Listado de tablas

Table 1. Results of Study 1: Awareness ratings (in %) and accuracy performances (percentage correct) at each awareness rating	89
Table 2. Results in Study 2: Awareness ratings (in %) and accuracy performances (proportion correct) at each awareness rating.....	101
Table 3. Use of awareness ratings (% of trials) and accuracy levels (proportion correct) at each awareness category in the detection and identification tasks....	138

Agradecimientos

A todas las personas que me ayudaron, se interesaron, se preocuparon a lo largo de este complicado trayecto. En especial, mil gracias a los profesores Pedro R. Montoro y Dolores Luna por acompañarme desde el inicio. Gracias por toda vuestra ayuda, vuestros valiosos comentarios y, sobre todo, por vuestro tiempo. Agradezco también por todo su apoyo, colaboración y disponibilidad al profesor José Antonio Hinojosa.

Many thanks to professor Mika Koivisto and the Turku Brain and Mind Center for accepting me as a visiting researcher, and also, for all his insightful comments and uninterested help during all the time we have worked together.

Agradecer también a todas aquellas personas que participaron en nuestros estudios (incluido tú, Iosh), por su buena predisposición, curiosidad y esfuerzo a lo largo de las distintas sesiones experimentales que han hecho posible este trabajo de investigación.

Introducción

A pesar de su exclusión del campo de estudio científico durante largo tiempo, los estudios sobre consciencia se han multiplicado en los últimos treinta años. El problema de la consciencia, sin embargo, no es un tópico de estudio novedoso: filósofos, científicos y pensadores llevan debatiendo sobre este tema durante cientos de años, proponiendo distintos acercamientos y explicaciones al problema de la experiencia subjetiva y la relación mente-cuerpo. Esta larga reflexión sobre la mente consciente ha provocado que, al igual que ocurre con otros conceptos propios de la psicología como “atención” o “memoria”, la palabra “consciencia” no tenga un significado unívoco. La palabra “consciencia” puede referirse a una multitud de fenómenos, los cuales son necesarios definir y conceptualizar con claridad y precisión. Esta necesidad de conceptualización se ha materializado en un conjunto de teorías contemporáneas que intentan explicar el fenómeno de la consciencia desde una perspectiva científica. Al mismo tiempo, los estudios que investigan las bases cerebrales de la consciencia (la mayoría de los cuales utilizan el sistema visual como modelo al ser el sistema sensorial mejor conocido y más estudiado) han encontrado ya varios correlatos neurales asociados a la emergencia de consciencia visual.

Recientemente, un nuevo debate ha surgido en torno a la naturaleza gradual o dicotómica de la consciencia visual. Mientras que una naturaleza gradual de la consciencia implicaría diferentes grados o niveles de experiencia subjetiva en la claridad con la que se percibe un estímulo – y por lo tanto la consciencia visual se entendería como un continuo de claridad–, una naturaleza dicotómica sugeriría que la percepción

de un estímulo visual se ajustaría a un patrón de “todo o nada”, siendo la transición desde la ausencia de consciencia hasta la consciencia abrupta o dicotómica. En relación con esta debate, la *teoría del nivel de procesamiento* de Windey y Cleeremans (2015) propone que la naturaleza de consciencia (ya sea gradual o dicotómica) varía en función de la profundidad con la que un estímulo es procesado. En torno a esta hipótesis pivotan los experimentos llevados a cabo en el presente trabajo. En concreto, intentaremos desentrañar si el nivel de procesamiento del estímulo actúa como factor modulador de la naturaleza de consciencia visual, y para ello utilizaremos una estrategia experimental que registrará tanto medidas subjetivas de consciencia, datos conductuales de precisión de la respuesta (Capítulo 5), además del registro electrofisiológico de la actividad cerebral (Capítulo 6).

De esta forma, los resultados de nuestra investigación se presentan en los Capítulos 5 y 6, y a continuación se discuten las principales conclusiones (Capítulo 7). Previamente, los objetivos y planteamiento general del trabajo se exponen en el Capítulo 4 y el debate gradual vs. dicotómico de la naturaleza de la consciencia visual, así como la hipótesis de la *teoría del nivel de procesamiento* y toda la evidencia empírica relacionada, serán detalladamente analizados en el Capítulo 3. Por otro lado, las teorías contemporáneas de la consciencia, los resultados de la investigación sobre las bases cerebrales de la consciencia visual y la definición y conceptualización de la misma palabra “consciencia” se expondrán a lo largo del capítulo 2. Una primera introducción al problema de la consciencia y un repaso de las distintas posiciones adoptadas dentro de la disciplina de la filosofía de la mente serán abordadas en el Capítulo 1.

A pesar de los desafíos a los que el estudio científico de la consciencia tiene que enfrentarse, diversos trabajos –tanto teóricos como empíricos- están ya produciendo

valiosos conocimientos científicos y clínicos (Aubinet et al., 2018; Koch, Massimini, Boly, & Tononi, 2016). No obstante, el estudio de la consciencia no avanza sin sus propias dificultades: la escasez de financiación (tanto pública como privada) –quizá consecuencia de las dudas sobre la propia cientificidad de la materia de estudio–, hacen que muchos investigadores dediquen sus esfuerzos a áreas con mejores oportunidades para su progreso. Por otro lado, para investigadores con una larga trayectoria profesional y con un interés genuino en el fenómeno de la consciencia, la investigación dedicada a este área queda muchas veces relegada –en el mejor de los casos– a un segundo plano, supeditado casi siempre a su línea principal –más reconocida por la comunidad científica– de investigación.

La presente tesis doctoral pretende aportar una modesta contribución original a esta –todavía– joven área de estudio. Esperamos que nuestros resultados experimentales, las limitaciones y problemas metodológicos encontrados, así como las conclusiones y soluciones propuestas sean de utilidad para el desarrollo de futuros estudios sobre la consciencia.

¿Qué es “real”? ¿De qué modo definirías “real”? Si te refieres a lo que puedes sentir, a lo que puedes oler, a lo que puedes saborear y ver, entonces el término “real” son señales eléctricas interpretadas por tu cerebro

Morfeo, The Matrix

Después reflexioné que todas las cosas le suceden a uno precisamente, precisamente ahora. Siglos de siglos y sólo en el presente ocurren los hechos; innumerables hombres en el aire, en la tierra y el mar, y todo lo que realmente pasa me pasa a mí...

Jorge Luis Borges, El jardín de los senderos que se bifurcan

Un vaso es un vaso, y un plato es un plato

Mariano Rajoy

If you think you have a solution to the problem of consciousness, you haven't understood the problem

Susan Blackmore, Consciousness: An introduction

Capítulo 1.

El problema de la consciencia

1.1. Concepto y problemática

A lo largo de las últimas tres décadas, el estudio científico de la consciencia se ha consolidado como área de estudio reconocida dentro de la psicología y de la neurociencia cognitiva. A este proyecto se dedican cada vez mayores esfuerzos científicos en diversos laboratorios y centros de investigación, se editan revistas académicas especializadas y se organizan conferencias internacionales de carácter periódico donde se debaten los últimos avances en la materia (Michel et al., 2019).

Dentro del campo de la psicología, sin embargo, el estudio de la consciencia ha pasado por muy distintas etapas desde que esta se establece como disciplina científica independiente a finales del siglo XIX. Si bien en sus inicios William James (1890) situaba la consciencia y sus fenómenos relacionados (sentimientos, deseos, cogniciones, razonamientos y voliciones) en una posición central dentro de la nueva disciplina -e incluso acuñaba el término “corriente de consciencia” (*stream of consciousness*) para referirse a la sucesión de pensamientos, ideas, imágenes y sentimientos que fluyen en todo momento por nuestra mente-, el advenimiento de la corriente conductista a inicios del siglo XX y su énfasis en el estudio de fenómenos objetivamente verificables provocó que el estudio de la consciencia, así como el método introspectivo habitualmente utilizado en su estudio, se convirtiera en una especie de tabú y cayera en el olvido científico¹. Hacia la década de 1960, sin embargo, el conductismo perdía fuerza e influencia mientras que la psicología cognitiva, con su énfasis en representaciones

¹ No obstante, el método introspectivo continuó siendo utilizado a lo largo de la primera mitad del siglo XX, como lo demuestran los trabajos en psicofísica de Stanley S. Stevens en la década de 1930 (Stevens, 1935, 1937) o los estudios sobre resolución de problemas del mismo John B. Watson, donde se pedía a los participantes que “pensaran en voz alta” (Watson, 1920).

mentales internas y el procesamiento de la información, ganaba protagonismo. Aun así, la consciencia seguía siendo una especie de palabra tabú. En su influyente libro *Psychology: The Science of Mental Life* (1962), George A. Miller advertía:

La consciencia es una palabra desgastada por millones de lenguas. Dependiendo del contexto, puede ser un estado de ánimo, una sustancia, un proceso, un lugar, un epifenómeno, un aspecto emergente de la materia, o la única realidad verdadera. Quizá deberíamos prohibir la palabra por una década o hasta que podamos desarrollar términos más precisos para los distintos usos que la palabra “consciencia” ahora oscurece.

(Miller, 1962, p. 40; traducción propia)

De esta forma, tuvo que pasar más de una década para que el uso de la palabra “consciencia” empezara a ser aceptable dentro del campo de la psicología. A partir de la década de 1970, en los inicios de la ciencia de la computación, el término “consciencia” empieza a entrar a hurtadillas en el ámbito científico a través de estudios sobre imaginación mental, estados alterados de consciencia o hipnosis (Blackmore, 2003). Tres décadas más tarde, a lo largo de los años noventa del pasado siglo, el interés científico en la consciencia finalmente eclosiona y los estudios experimentales sobre la consciencia se multiplican.

Hoy en día, el estudio de la consciencia es considerado como uno de los problemas más difíciles del conocimiento todavía por resolver. No sólo la misma definición del fenómeno ha estado (y continúa estando) lejos de ser consensuada, sino que la propia capacidad del ser humano para entender el fenómeno de la consciencia “desde dentro” es objeto de serias dudas teóricas. Y es que la consciencia es un tema de estudio como ningún otro. En este mismo momento, el lector dispone de su propia experiencia interior del mundo que le rodea así como de sus propios estados internos, pensamientos e imágenes que habitan en el mundo privado de su subjetividad. Es esto

mismo lo que hace el estudio de la consciencia tan desafiante: mientras el resto de la ciencia se preocupa de problemas que pueden ser verificados “en tercera persona”, el estudio de la consciencia se ocupa del fenómeno de la experiencia subjetiva, que se experimenta “en primera persona”.

El problema de la consciencia se encuentra en una posición destacada dentro del catálogo de grandes preguntas de la filosofía, junto con otras profundas incógnitas, a saber: ¿por qué existe algo -el mundo, la realidad- en oposición a nada? ¿Es el universo real? ¿Disponemos de libre albedrío? En particular, el problema de la consciencia está estrechamente ligado al problema mente-cerebro, a la relación entre lo físico y lo mental. Una de las mayores dificultades al abordar este problema, el cual se refleja en nuestro lenguaje diario o incluso dentro del pensamiento científico o filosófico, sería el hecho de terminar cayendo de forma irremediable en la trampa de un dualismo imposible. Bien sea espíritu vs. materia, mente vs. cerebro, material vs. inmaterial, interno vs. externo o subjetivo vs. objetivo, parece que siempre nos referimos a dos tipos de sustancias o realidades incompatibles entre sí.

¿Cómo surgen nuestras experiencias subjetivas? ¿Cómo es posible que materia física -bien sea en forma de energía electromagnética, ondas sonoras o partículas fisicoquímicas- al entrar en contacto con otra materia (un conjunto de átomos organizados de forma compleja como ocurre en el ser humano) produzca algún tipo de experiencia subjetiva (una imagen, un sonido, un olor, un sentimiento), la cual no parece cumplir ninguna de las propiedades atribuibles a los fenómenos del mundo físico y, además, no es verificable en tercera persona? Por ejemplo, la imagen visual que puedo “ver” ahora mismo es el resultado de ondas electromagnéticas de distintas intensidades y longitudes de onda impactando en mi retina, las cuales producen una cascada de

conexiones electro-químicas que se propagan hacia el área occipital de mi cerebro y de ahí continúan activando las diversas áreas visuales del cerebro para construir esta imagen que observo “delante de mí” ahora mismo, como si fuera una proyección en una pantalla de cine. Pero, obviamente, no estoy viendo una imagen proyectada en una pantalla. Por lo tanto, ¿de qué está hecha esta imagen que compone mi realidad subjetiva? ¿De qué están hechas estas experiencias subjetivas? ¿En qué coordenadas de la realidad se encuentran?

Aun cuando la reflexión sobre la consciencia tiene un largo recorrido, los recientes desarrollos en la técnicas de registro y estimulación de la actividad cerebral (electroencefalografía, EEG; resonancia magnética funcional, RMf; estimulación magnética transcraneal, EMT) así como el minucioso trabajo con pacientes con lesión cerebral proporcionan un nuevo conjunto de herramientas y metodologías de gran capacidad para el estudio de las relaciones mente-cerebro. De esta forma, y a pesar de la dificultad que el estudio de la consciencia supone para las disciplinas científicas, diversos trabajos teóricos y empíricos están ya produciendo valiosos conocimientos científicos y clínicos (Aubinet et al., 2018; Koch, Massimini, Boly, & Tononi, 2016). No obstante, cuanto más aprendemos acerca del cerebro y el comportamiento humano, mayor parece ser la dificultad explicativa del fenómeno de la consciencia.

Para entender en mayor profundidad el enigma de la consciencia, exploramos a continuación las diferentes explicaciones que se han debatido –y se continúan debatiendo- dentro del ámbito de la filosofía, en concreto en la disciplina de la filosofía de la mente.

1.2. Enfoques filosóficos

El problema de la consciencia y la relación mente-cerebro han sido ampliamente considerados y debatidos dentro del ámbito filosófico, produciendo un complejo escenario de posiciones teóricas a lo largo de su desarrollo (McLaughlin, Beckermann, y Walter, 2009). De forma resumida, las diversas posiciones teóricas se pueden dividir en aquellas que enfocan el problema desde una aproximación *monista* -las que afirman que sólo existe un tipo de sustancia o materia en el mundo- y las que lo enfocan desde una aproximación *dualista* -las que proponen la existencia de dos tipos diferentes de realidades, la física y la mental-.

La aproximación dualista fue planteada en su versión moderna por René Descartes (1596-1650) en lo que podríamos considerar el inicio de los estudios sobre la consciencia (Frith y Rees, 2017). De acuerdo a Descartes, el cuerpo y la mente son tipos distintos de *sustancias*, dado que ambos pueden ser concebidos en función de atributos totalmente diferentes, como si fueran esferas o ámbitos de la realidad radicalmente disociados. Este tipo de dualismo, por lo tanto, es conocido como *dualismo de sustancias*, al proponer que existen dos tipos de sustancias distintas en el mundo, lo mental (*res cogitans*) y lo físico (*res extensa*). El cuerpo (materia), se caracteriza por su extensión espacial y por su capacidad de movimiento, mientras que la mente se caracteriza por el pensamiento. Caracterizar de esta forma la mente la convierte en una realidad privada, lo que puede considerarse como un precursor de la distinción más tardía entre las perspectivas *en primera* y *en tercera persona* (Blackmore, 2003). Para

Descartes, la consciencia sería un estado mental², mientras que el papel del cerebro quedaría restringido a procesos no-conscientes. Sin embargo, el cerebro tendría un papel principal a la hora de conectar la mente y el cuerpo. Así, para Descartes, los elementos físicos de nuestro entorno entrarían en contacto con nuestros órganos sensoriales, lo cual produciría una reacción en nuestro sistema nervioso que, de alguna forma, se convierte en la experiencia mental de color, sonido, y otras sensaciones. Estos *movimientos* del sistema nervioso se transmitirían a la glándula pineal, donde actuarían como “pistas” para la mente racional, permitiendo a esta tener tipos específicos de experiencias conscientes o ideas (Fig. 1).

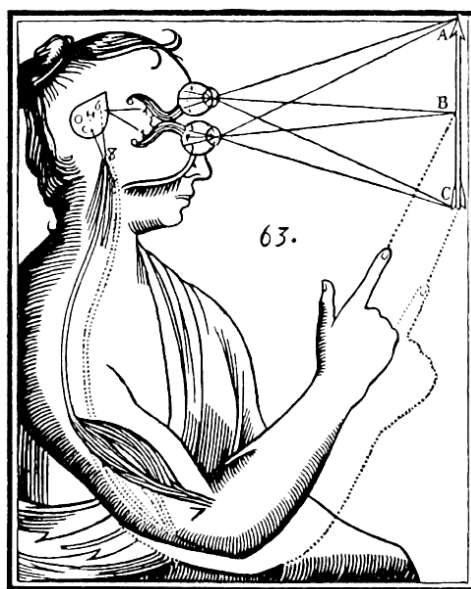


Fig. 1. El dualismo de René Descartes. Los inputs sensoriales pasan a través de los órganos sensoriales a la glándula pineal, y de ahí a la mente inmaterial. En Descartes (1641), *Meditaciones metafísicas*.

² Estados mentales serían también distintos tipos de *percepciones* (ver un objeto, escuchar un sonido), *sensaciones* (hambre, sed, dolor), *emociones* (enfado, amor, pena) y lo que podríamos llamar *pensamientos* (creencias, deseos, decisiones).

Es bien conocido en la actualidad que Descartes estaba equivocado acerca de la importancia de la glándula pineal, a la cual le atribuía un papel central como punto de unión o “intercambiador” entre los dos tipos de sustancias (Lokhorst, 2018).

La principal dificultad explicativa de las posiciones dualistas reside en dar cuenta de la manera en la que lo inmaterial interactúa con lo material. De hecho, esta es una cuestión tan crucial que en función de cómo el problema es abordado, podemos diferenciar tres enfoques principales dentro de la aproximación dualista. Por un lado, el *paralelismo* niega cualquier interacción causal entre lo mental y lo físico. Los eventos físicos y mentales se producirían en perfecta armonía, pero sin influencia mutua ni relación casual alguna. En desacuerdo con la propuesta de Descartes, el filósofo y teólogo francés Nicolas Malebranche (1638-1715) propuso que cada vez que una interacción entre lo inmaterial y lo material era necesaria, era el mismo Dios quien tenía que intervenir para lograr esa conexión aparentemente imposible. El filósofo y matemático alemán Gottfried Leibniz (1646-1716) fue un paso más lejos, al afirmar que lo material y lo inmaterial *parecería* que interactúan, y que esto sería consecuencia de una armonía previamente establecida (por Dios). El principal problema de esta perspectiva es que supondría una coincidencia muy extraña e improbable que los eventos físicos y los mentales se presenten de manera perfectamente sincronizada para que parezcan interactuar de una forma causal pero sin que dicha interacción en realidad suceda. Es por esto que el *paralelismo* ha sido adoptado solo por aquellos que creen en una armonía universal preestablecida. Más allá de posiciones teológicas, esta teoría resulta difícilmente defendible (Robinson, 2018).

Un segundo enfoque dualista propone que mente y el cuerpo interaccionan de forma causal: nuestros pensamientos y sentimientos son causados por eventos físicos en

nuestro cuerpo, y estos mismos pensamientos y sentimientos pueden, a su vez, dar lugar a respuestas fisiológicas en un efecto de lo mental sobre lo material. Esta perspectiva, en la que los sucesos mentales y físicos tienen una influencia causal recíproca, es conocida como *interaccionismo*. El mundo físico influye sobre la experiencia a través de los sentidos, y normalmente reaccionamos con el ejercicio de una acción a estas experiencias. El pensamiento, por otro lado, también determina el discurso verbal y el comportamiento. La objeción más simple al interaccionismo reside en el llamado efecto “bola de billar” de la causación: si toda causación se produce por *impacto* o por contacto, ¿cómo pueden lo material y lo inmaterial influirse el uno al otro? ¿Cómo y dónde ocurre esta interacción? Imaginemos que, en un momento dado, una persona decide cruzar su habitación. Esto implicaría que la *decisión* de cruzar la habitación (un evento mental) causaría de inmediato la activación de un conjunto de neuronas en su cerebro (un evento puramente físico), lo cual tendría el resultado observable de la persona cruzando la habitación. El problema es que, si algo no-físico (la mente inmaterial) está *causando* la activación de un grupo específico de neuronas (una estructura física), no existe un evento físico específico detrás de esta causación, por lo que una cantidad determinada de energía se estaría generando sin respetar las leyes fundamentales de la física. Además, si una fuente “externa” de energía es la responsable de esta interacción, esto violaría la ley de conservación de la energía así como el principio del cierre causal del mundo físico, siendo esta una de las principales críticas a la posición interaccionista³.

³ Si una fuerza causal estuviera fluyendo dentro y fuera de un sistema físico, la energía no se conservaría, y la conservación de la energía es una de las leyes fundamentales de la física. Normalmente se proponen dos contra-argumentos a esta crítica: el primero es que la mente podría alterar la distribución de energía sin alterar su cantidad; la segunda consiste en rechazar que el cuerpo humano es un sistema causalmente cerrado y por lo tanto no estaría sujeto a la ley de conservación de la energía.

El *epifenomenalismo* evita el problema de cómo lo inmaterial afecta a lo físico proponiendo que, si bien los estados mentales son causados por eventos físicos del cerebro, la situación inversa no ocurre, es decir, lo mental no puede influir o determinar cambios en el mundo material. El *epifenomenalismo* sería un *dualismo de propiedades*, en contraposición al *dualismo de sustancias* propuesto por Descartes. Mientras que este último afirma que existen dos tipos distintos de sustancias en el mundo, el *dualismo de propiedades* propone que existen dos tipos distintos de propiedades⁴. En consecuencia, para el *dualismo de propiedades*, los estados mentales serían *propiedades* no-físicas del cerebro. El *epifenomenalismo* tendría al menos dos serios problemas en su desarrollo. En primer lugar, las posturas *epifenomenalistas* evitan explicar el proceso por el cual lo inmaterial podría influir sobre lo físico, al afirmar que esta interacción no existe. Sin embargo, es asimismo incapaz de explicar el proceso a través del cual lo material (el cerebro) puede producir (o influir sobre) lo inmaterial (un estado mental). Un segundo problema es que si los estados mentales no tienen eficiencia causal alguna, esto es, son un epifenómeno del funcionamiento cerebral, no existe una razón obvia para su aparición en el curso de la evolución filogenética. De forma intuitiva, parece que el disponer de estados mentales conscientes que nos permitan modificar nuestro comportamiento de diversas formas (por ejemplo, anticipando situaciones de riesgo o peligro) parecen ser de gran utilidad desde una perspectiva evolutiva.

Si bien el acercamiento dualista al problema mente-cerebro ha sido una propuesta influyente durante varios siglos, hoy en día pocos científicos o filósofos

⁴ Podemos entender una *sustancia* como algo que puede existir por sí mismo en el universo. Así, mi cuerpo sería una *sustancia*, ya que podemos imaginar un universo donde sólo existe mi cuerpo. Por otro lado, mi peso (por ejemplo 80 kg) no es una *sustancia*, sino que sería una *propiedad*. Es decir, no podríamos imaginar un universo donde sólo existieran 80 kg en el vacío, sin *continente* alguno, solo como *propiedad* de un cuerpo.

sostienen explicaciones de carácter dualista (Blackmore, 2003). Como diría el filósofo Daniel Dennett, “aceptar el dualismo es darse por vencido” (Dennett, 1991, p. 37). Ya hacia la mitad del siglo XX, el concepto de “fantasma dentro de la máquina” (*ghost in the machine*; Ryle, 1949) sugería la dificultad de defender científicamente una posición dualista, transitando hacia una concepción de los estados mentales (incluyendo la consciencia) como *procesos* o *estados funcionales* del cerebro. Estos acercamientos serían *monistas* en su naturaleza, al proponer que sólo existe un tipo de sustancia o materia en el mundo.

Las teorías monistas tienen también un largo recorrido dentro de la filosofía de la mente, y mientras que algunas enfatizan lo mental, otras hacen lo propio con lo físico. Entre las primeras se encuadra el *idealismo* de George Berkeley (1685-1753), el cual plantea que los objetos reales no existen, y son sólo las ideas o percepciones de estos objetos reales las que existen. En otras palabras, para el *idealismo* (al menos en sus versiones más puristas) todo sería mental. Esta perspectiva, sin embargo, tiene sus dificultades en explicar por qué los objetos físicos muestran cualidades duraderas sobre las que todos coincidimos, o incluso cómo la ciencia misma sería posible en este caso.

La posición científica predominante en la actualidad plantea que sólo existe un tipo de sustancia -la materia-, y que toda realidad debe plegarse a las leyes físicas que gobiernan las interacciones entre materia y energía. Así, la mente no existiría como algo independiente de la materia. Esta posición filosófica se denomina materialismo y tiene diversas ramificaciones con sutiles (pero importantes) diferencias (véase Churchland, 1984, para una revisión). Dentro de esta perspectiva se encuentra la *teoría de la identidad*, formulada a partir de los trabajos de U.T. Place (1956), H. Feigl (1958) y J. Smart (1959), la cual defiende que los estados y procesos mentales son idénticos a

estados y procesos físicos. Los sucesos mentales podrían ser agrupados por tipologías y correlacionados con tipos de sucesos físicos en el cerebro, de forma que los estados mentales resultaran ser idénticos a los estados cerebrales. Una de las principales críticas a esta propuesta es la basada en el argumento de la “realizabilidad múltiple”, la cual afirma que los estados mentales pueden ser implementados en una variedad de sistemas físicos (por ejemplo, computadores) y no sólo en aquellos con base cerebral (Putnam, 1967). El problema de la “realizabilidad múltiple” proviene del campo de la inteligencia artificial, preocupada por la posibilidad de generar mentes “artificiales” a través de sistemas físicos simbólicos (Newell y Simon, 1972) o de la computación sobre representaciones en sistemas computacionales digitales. Dado que la *teoría de la identidad* identifica los sucesos mentales con determinados estados cerebrales, no permite que otro tipo de organismos o sistemas computacionales puedan producir estados mentales, dado que estos no tendrían una base biológica. Una segunda crítica a la *teoría de la identidad* incide en que esta teoría no es capaz de explicar el fenómeno principal de la consciencia, el de la experiencia subjetiva o *qualia*⁵ (Robinson, 2018).

El *funcionalismo* surge como alternativa a las críticas recibidas por la *teoría de la identidad*, proponiendo que los estados mentales son estados funcionales (véase Block, 1996a, para una revisión). Así, un estado funcional se caracteriza porque ante un determinado *input* reacciona con un determinado *output* y pasa a otro estado funcional. Esta teoría superaría el problema de la “realizabilidad múltiple”, dado que los estados

⁵ En filosofía de la mente, los *qualia* (del latín *quale*, “de qué tipo”, “de qué naturaleza”) se refieren a las cualidades de la experiencia subjetiva consciente. Ejemplos de *qualia* serían el *gusto* del vino que me estoy tomando en este mismo momento, la experiencia de *rojez* al ver un coche rojo o la sensación de *dolor* de un dolor muelas. Estas experiencias subjetivas no pueden ser *explicadas* sino tan solo *sentidas*. Por ejemplo, una persona invidente de nacimiento no ha experimentado nunca la cualidad del color azul del mar, y por más que entienda los mecanismos de percepción del color, nunca podrá experimentar *cómo son* los colores.

funcionales podrían implementarse independientemente del medio físico subyacente. Sin embargo, el *funcionalismo* ha sido criticado entre otros por el filósofo John Searle (1980), a través de su conocido experimento mental de “la habitación china”. Este experimento toma como base el conocido Test de Turing (Turing, 1950), el cual pretende evaluar la capacidad de una máquina de exhibir una conducta inteligente, equivalente o indistinguible de la de un ser humano (véase Saygin, Cicekli, y Akman, 2000, para una revisión). Searle (1980) describe cómo una persona de habla inglesa se encuentra dentro de una habitación con una cesta llena de símbolos chinos y un libro de instrucciones que explican cómo manipular estos símbolos. Esta persona recibe instrucciones en idioma chino de personas fuera de la habitación, y siguiendo el libro de instrucciones escoge los símbolos chinos correspondientes que envía a las personas fuera de la habitación. Para Searle, sería absurdo pensar que la persona dentro de la habitación entiende el idioma chino simplemente por seguir las reglas del libro de instrucciones, es decir, basándose simplemente en procesos sintácticos. Así, este experimento mental intenta mostrar cómo aquellos sistemas que operan solamente con procesos sintácticos (*inputs*, *outputs*, algoritmos) no pueden alcanzar una comprensión semántica (significado) o de intencionalidad⁶, de forma que la idea de reducir el pensamiento a una serie de reglas puramente sintácticas resultaría insuficiente a la hora de explicar la consciencia. Otra de las críticas al funcionalismo es el argumento del “espectro invertido”, propuesta como objeción por el filósofo Ned Block (1980). Este experimento mental propone que existe una persona, llamémosla María, por ejemplo, que nace con una condición

⁶ El concepto de *intencionalidad* es un aspecto central en la teoría de la mente de Searle. La intencionalidad consistiría en la capacidad de los estados mentales de *referirse* a objetos del mundo. La intencionalidad sería exclusivamente mental, la mente se caracterizaría por su capacidad de representar o simbolizar sobre cosas, propiedades o situaciones del mundo externo (Searle y Willis, 1983).

neurológica por la cual percibe el espectro de color de forma completamente invertida a la de una persona normal (es decir para esta persona el color azul es experimentado como amarillo, el rojo sería como el verde etc). Imaginemos, entonces, que María y una de sus amigas están mirando el mismo coche de color rojo. Mientras su amiga percibe el coche de color rojo, María lo percibe de color verde (*nuestro* verde, queremos decir). Sin embargo, cuando a las dos chicas se les pregunta sobre el color del coche ambas responderán con la etiqueta verbal “rojo”. De esta forma, todas las relaciones comportamentales y funcionales en relación a las etiquetas de color serán exactamente las mismas y no habrá forma de detectar la inversión del espectro de luz visible. Por ejemplo, María obedecería las señales de tráfico al igual que cualquier otra persona. En consecuencia, dado que pueden existir dos personas que son *funcionalmente* idénticas pero poseen diferentes estados mentales (los cuales difieren en su carácter fenomenológico, en la propia experiencia cualitativa de color), el funcionalismo no resultaría una teoría de la mente suficientemente sólida para explicar las diferencias en la experiencia subjetiva.

En conjunto, el materialismo como posición filosófica es considerado por varios autores poco atractivo como teoría de la consciencia ya que parece eliminar de la ecuación el mismo fenómeno que intenta explicar, la experiencia subjetiva o *qualia*. Otra dificultad de esta perspectiva es explicar cómo los pensamientos, sentimientos o imágenes mentales pueden ser realmente materia cuando parecen ser tan diferentes de las características que le atribuimos a la materia. El filósofo americano Joseph Levine (1983) acuñó la expresión “vacío explicativo” (*explanatory gap*) para mostrar esta dificultad de las teorías fisicalistas a la hora de explicar cómo las propiedades físicas de la materia producen la experiencia subjetiva. En un ejemplo de este problema, podemos

afirmar que "el dolor es la activación de las fibras C": aun cuando esta afirmación sea válida desde un punto de vista fisiológico, no nos ayuda a entender la experiencia subjetiva de dolor.

Finalmente, es necesario incidir en la variedad de teorías –y derivaciones de estas- planteadas y debatidas en la actualidad en filosofía de la mente, algunas de las cuales intentan esquivar o superar los problemas explicativos de los enfoques monistas o dualistas. Entre estas estarían, por ejemplo, el *monismo neutral*, el *monismo reflexivo*, el *emergentismo* o el *panpsiquismo* (para una revisión en profundidad de las diversidad de proposiciones sobre el problema mente-cerebro, el lector puede consultar los manuales de Heil, 2012; McLaughlin, Beckermann, y Walter, 2009 o Schneider y Velmans, 2017).

Capítulo 2.
El estudio científico
de la consciencia visual

2.1. Definiciones y conceptualización

La palabra “consciencia” es un término hasta cierto punto ambiguo, la cual puede referirse a distintos fenómenos⁷. De acuerdo a una primera conceptualización teórica, podemos delimitar la consciencia en dos dimensiones complementarias: la consciencia entendida como *estado*, y la consciencia entendida como *contenido* (Laureys, Boly, Moonen, y Maquet, 2009). Cuando hablamos de la consciencia como estado estamos hablando desde una perspectiva cuantitativa, relacionada con el grado de alerta (*wakefulness*), el nivel de vigilancia o la capacidad de respuesta del organismo. Ejemplos de diferentes estados de consciencia pueden ser el estar despierto (vigilia), la somnolencia, el estar dormido, o, incluso, estados alterados de consciencia como el estado vegetativo o el estado de mínima consciencia (Laureys, Owen y Schiff, 2004). Por otro lado, la consciencia como contenido (*awareness*) se centra en los aspectos cualitativos de la experiencia subjetiva como pueden ser los contenidos mentales de diverso tipo, como pensamientos, imágenes mentales, sensaciones corporales o experiencias afectivas. Cuando hablamos de la consciencia como contenido, además, podríamos añadir la distinción de dos subtipos de consciencia: una consciencia fenomenológica (*phenomenal consciousness*) y una consciencia de acceso o reflexiva (*access consciousness*) (Block, 1996b). La primera se referiría a la percepción subjetiva básica e inmediata, al fenómeno espontáneo de disponer de la experiencia del mundo externo o interno; mientras que la segunda, además, supondría la adición de una

⁷ En inglés, por ejemplo, existen distintas palabras para referirse a las distintas acepciones que puede adquirir el término. Así, “conscience” se referiría a la conciencia moral y ética, “consciousness” a la experiencia consciente en general, “wakefulness” al componente cuantitativo de la consciencia (el grado de activación o de vigilia) y “awareness” referido al conocimiento subjetivo sobre los contenidos cualitativos de la consciencia (pensamientos, imágenes, sensaciones etc.).

operación de acceso a la información presentada en el estímulo lo que posibilitaría una mayor elaboración de la información.

2.2. Investigación sobre los Correlatos Neurales de la Consciencia (CNC) y las bases biológicas de la consciencia visual

De acuerdo con el planteamiento de Chalmers (1995), el estudio de la consciencia podría dividirse en aquellos problemas que a priori son más fáciles de desentrañar, en contraposición a problemas de mayor envergadura o lo que él denomina “problema difícil” de la consciencia (*easy vs. hard problems of consciousness*). Los problemas “fáciles” de la consciencia serían aquellos susceptibles a ser tratados con los métodos comúnmente utilizados dentro de la ciencia cognitiva, por lo que un fenómeno se explica en términos de mecanismos neuronales o computacionales. Los problemas “difíciles” serían aquellos que se resisten a estos métodos. Entre los problemas “fáciles” podríamos englobar, por ejemplo, la habilidad de discriminar, categorizar y reaccionar a estímulos del entorno; la integración de información en un sistema cognitivo; la reportabilidad de estados mentales; la habilidad de un sistema de acceder a sus estados internos; el enfoque de la atención; el control deliberado de la conducta o la diferencia entre sueño y vigilia (Chalmers, 1995). El “problema difícil” de la consciencia es el problema de la experiencia subjetiva, y sobre este problema es sobre el que hemos hablado en el Capítulo 1.

Dentro de la investigación relacionada con los problemas “fáciles” de la consciencia, uno de las líneas más productivas de las últimas dos décadas ha sido la búsqueda de los Correlatos Neurales de la Consciencia (CNC) o *Neural Correlates of Consciousness* (NCC). Los CNC se definen como aquellos mecanismos neuronales cuya

activación resulta suficiente para la emergencia de una percepción consciente subjetiva (Koch, 2004). El estudio de los CNC ha avanzado rápidamente en los últimos años, siendo la mayor parte del esfuerzo dirigido principalmente al estudio de los contenidos de la consciencia (Dehaene y Changeux, 2011). Normalmente estos trabajos utilizan el sistema visual como modelo -al ser el sistema sensorial mejor conocido y más estudiado- y los diseños experimentales utilizan el análisis contrastivo (*contrastive analysis*) propuesto por Baars y Newman (1994), el cual consiste en comparar la activación cerebral en respuesta a estímulos visuales que “entran” en la consciencia visual con la activación neuronal asociada a estímulos físicamente idénticos pero que no son capaces de producir consciencia visual en el participante. Para ello, diversas técnicas de neuroimagen han sido utilizadas en el estudio de los CNC, como, por ejemplo, los estudios con resonancia magnética funcional (RMf) que han identificado actividad neuronal en áreas frontales (Dehaene y Naccache, 2001; Lau y Passingham, 2006) y occipitales (Ffytche et al., 1998) como candidatas para los NCC. Por otro lado, los estudios de registro electroencefalográfico (EEG), al disponer de una mayor resolución temporal, son una herramienta idónea para estudiar el curso temporal de procesos tan tempranos como la emergencia de la consciencia visual. La mayoría de los estudios previos con EEG han mostrado que existen al menos tres componentes de interés en los potenciales evocados (PERs, o potenciales evento-relacionado) asociados a la emergencia de consciencia visual, a saber: (1) el P1 alrededor de los 100 ms; (2) el N2 en torno a los 200 ms, también denominado *Visual Awareness Negativity* (VAN), resultado de substrair la diferente amplitud de los componentes N2 entre las condiciones consciente e inconsciente; y (3) un P3, también denominado *Late Positivity* (LP), sobre

los 400 ms tras la presentación del estímulo crítico (Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011, Fig. 2).

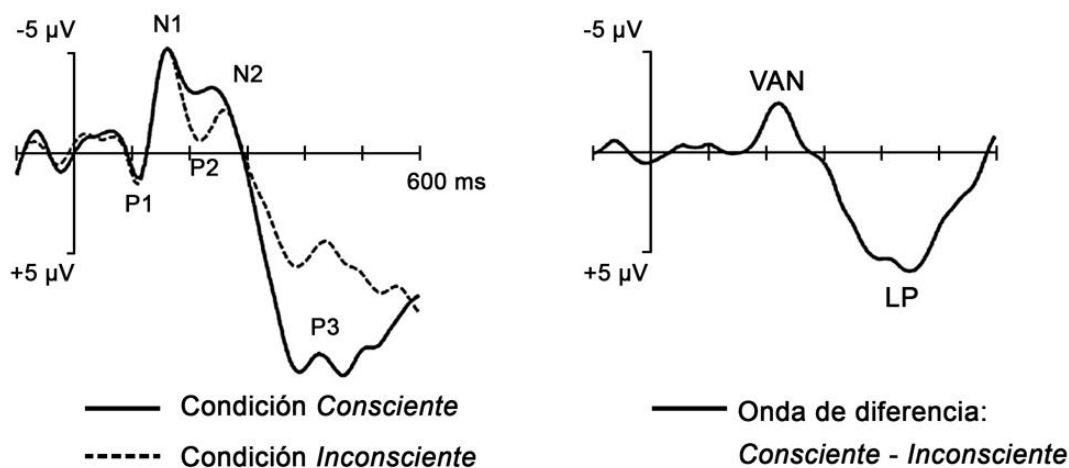


Fig. 2. Izquierda: PERs en respuesta a un estímulo visual en áreas occipitales, promediado de forma separada para las condiciones consciente vs. inconsciente. Derecha: la onda de diferencia (consciente-inconsciente) muestra que la consciencia correlaciona con una amplitud negativa alrededor de los 200 ms (VAN). A este componente le sigue una amplitud positiva a partir de los 300 ms (LP). Adaptada de Koivisto y Revonsuo (2010).

Dado que su amplitud no varía entre los estímulos que traspasan el umbral de la consciencia y aquellos que no lo hacen, el componente P1 es normalmente entendido como un reflejo de la progresión inicial de la información visual a través de las áreas occipitales. Sin embargo, a partir de los 200 ms el patrón de activación comienza a divergir para ambas condiciones (consciente vs. inconsciente) y, consecuentemente, gran parte de los estudios en CNC han centrado sus esfuerzos en dilucidar si el componente N2/VAN, más temprano y principalmente asociado a la actividad en áreas occipito-temporales o, por el contrario, el componente P3/LP, más tardío y asociado a áreas fronto-parietales, son el correlato directo del surgimiento de la experiencia visual

consciente (Koivisto et al., 2008; Railo y Koivisto, 2009; Lamy, Salti, y Bar-Haim, 2009; Salti, Bar-Haim, y Lamy, 2012; Koivisto y Grassini, 2016).

Las posiciones teóricas detrás de estos resultados defienden, por un lado, una emergencia de la consciencia de carácter local, dentro de las áreas visuales -en el caso de la consciencia visual- y por lo tanto sin necesidad de una propagación o amplificación general, para aquellos estudios que correlacionan el componente N2/VAN como correlato directo de la consciencia (Koivisto et al., 2008; Railo y Koivisto, 2009; Koivisto y Grassini, 2016).

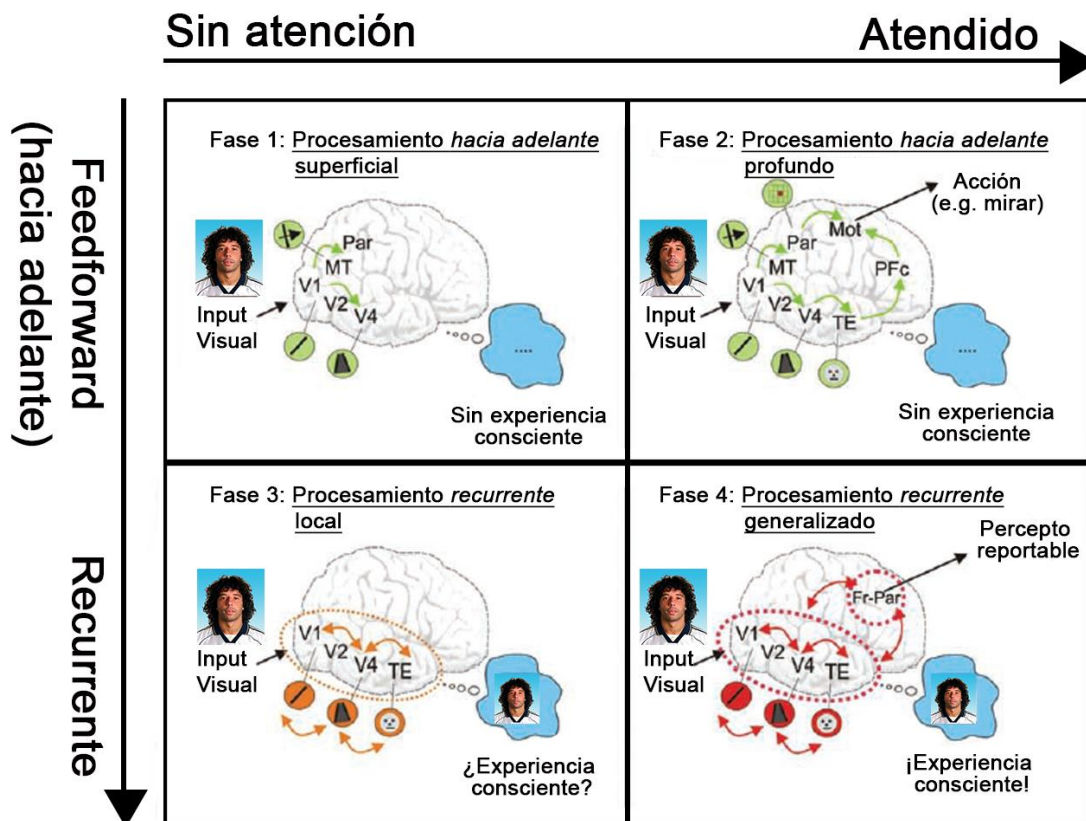


Fig. 3. Lamme (2010) propone cuatro etapas de procesamiento de un estímulo visual, en base a la profundidad de procesamiento (atención) del estímulo y el tipo de procesamiento neuronal (feedforward o hacia adelante vs. recurrente). Adaptada de Lamme (2010).

La principal teoría detrás de esta perspectiva (Lamme, 2006, 2010; Fig. 3) propone que la consciencia surge probablemente como consecuencia de la aparición de proyecciones neurales recurrentes (horizontales y hacia atrás) entre -y dentro de las mismas- áreas visuales (véase también Koch, Massimini, Boly y Tononi, 2016, para una revisión). Por otro lado, los resultados que encuentran el componente P3/LP como correlato directo de la consciencia (Lamy, Salti, y Bar-Haim, 2009; Salti, Bar-Haim, y Lamy, 2012) son congruentes con teorías que proponen una propagación tardía de la actividad neural hasta las áreas pre-frontales y parietales, dando lugar a la aparición de la consciencia a través de una integración global de la información (Fig. 4; véase La Teoría Neuronal del Espacio Global de Trabajo en el epígrafe 2.2. de este mismo capítulo)



Fig. 4. Dehaene et al. (2006) proponen tres etapas de procesamiento: subliminal, preconsciente y consciente. La consciencia surgiría cuando la información de las distintas áreas cerebrales alcanza una reverberación neuronal global. Adaptada de Dehaene et al. (2006).

procesada en las distintas sub-áreas cerebrales (Baars, 2005; Dehaene y Changeux, 2011).

Una forma de integrar la evidencia en uno y otro sentido sería interpretándola a la luz de la distinción conceptual planteada por Block (1996). De esta forma, la consciencia temprana y de carácter local (VAN) reflejaría el tipo de *consciencia fenomenológica*, mientras que una consciencia tardía que involucre la activación de las áreas cerebrales prefrontales (LP) correlacionaría con la *consciencia de acceso* a los contenidos visuales (Koivisto y Revonsuo, 2010).

El estudio de la frecuencia de las ondas cerebrales (e.g., alpha, beta, gamma), por otro lado, no ha proporcionado datos concluyentes que puedan identificar un “encendido” neuronal de una determinada frecuencia que pueda conectarse con la aparición de la experiencia visual consciente. Pese a que la frecuencia de banda gamma (a partir de los 30 Hz) ha sido habitualmente asociada con procesos mentales conscientes, recientes estudios proponen que tanto esta frecuencia como el componente P3 responderían a procesos post-perceptuales, relacionados con la toma de decisión sobre la tarea (Pitts, Padwal, Fennelly, Martínez, y Hillyard, 2014).

2.3. Teorías contemporáneas de la consciencia

El estudio científico de la consciencia se diferencia de las exploraciones filosóficas en un punto importante: deben tratar la consciencia como una variable observable y cuantificable. A continuación resumimos las principales teorías y planteamientos que desde una perspectiva científica tratan de explicar el fenómeno de la consciencia.

2.3.1. La Teoría del Espacio Global de Trabajo

La Teoría del Espacio Global de Trabajo (*Global Workspace Theory*) de Bernard Baars (Baars, 1988; 1998) describe los eventos conscientes ocurriendo “en el teatro de la consciencia”. La teoría de Baars pretende remarcar el gran contraste existente entre los pocos elementos de los que somos conscientes en un momento concreto y el gran número de procesos neurales inconscientes que están ocurriendo en ese mismo momento. La mejor forma de explicar esto, según Baars, es como analogía de lo que ocurre en un teatro⁸. En este teatro mental, la consciencia actuaría como un haz de luz que ilumina una región del escenario –donde el escenario sería una metáfora de la memoria de trabajo- dirigido ahí por el foco atencional el cual estaría guiado por las funciones ejecutivas. Sólo seríamos conscientes de la región del escenario iluminada, mientras que el resto del teatro permanecería oscuro e inconsciente (Baars, 2005).

Los contenidos conscientes (el haz de luz) se distribuirían de forma global a través del teatro a dos clases de procesadores inconscientes: entre bastidores (*backstage*), los sistemas inconscientes contextuales –contexto perceptivo, intenciones, expectativas y el sistema ejecutivo (*self*)- darían forma o moldearían los sucesos que ocurren en el haz de luz, mientras que los contenidos conscientes (el haz de luz)

⁸ De acuerdo con esta metáfora, las interacciones entre el escenario, el espacio entre bastidores y el público se basan en la idea de una arquitectura de espacio global de trabajo (Global Worspace, GW), común en aproximaciones computacionales en el estudio de la cognición (Newell, 1994). Newell y su grupo fueron los primeros en mostrar la utilidad de una arquitectura de “espacio global de trabajo”, al aplicarla a una red distribuida de fuentes de conocimiento que de forma cooperativa solucionaban problemas que ninguno de los elementos individuales podía hacer de forma independiente. Este tipo de arquitectura es aplicable al cerebro humano si entendemos este como un enorme conjunto de procesadores especializados organizados en paralelo.

activarían numerosas áreas inconscientes del cerebro (i.e. la audiencia), entre las que estarían los “intérpretes”, las “memorias” (memoria autobiográfica), el “lenguaje” (o diccionario mental) y los “automatismos” (rutinas automáticas que controlan la acción) (Fig. 5). Así, el “teatro” tendría numerosos inputs desde los órganos sensoriales y del contexto general, y conexiones con recursos inconscientes como el lenguaje, la memoria autobiográfica o las habilidades aprendidas. Una vez conscientes, estos contenidos activarían muchas áreas inconscientes del cerebro, permitiendo reclutar procesadores para las tareas en marcha, facilitar las decisiones ejecutivas y permitir el control voluntario sobre las acciones rutinarias automáticas.

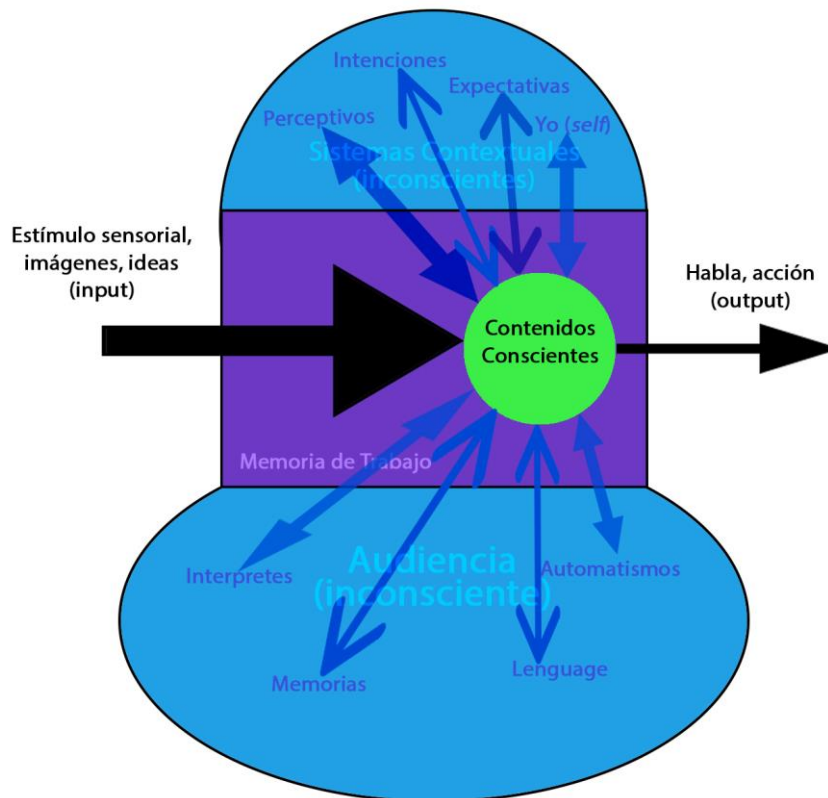


Fig. 5. El espacio global de trabajo de Baars. Adaptada de Baars (2007).

Para Baars, lo que haría que un evento fuera consciente es que este se esté procesando dentro del sistema global de trabajo y que sea accesible, o retransmitido, al resto del sistema inconsciente. La consciencia se produciría cuando determinada información relevante es *globalmente accesible* por variedad de subsistemas cerebrales (Baars, 1988, 1998, 2005).

2.3.2. La Teoría Neuronal del Espacio Global de Trabajo

Como extensión de la propuesta de Baars, el neurocientífico francés Stanislas Dehaene y su grupo proponen la Teoría Neuronal del Espacio Global de Trabajo (Dehaene, Kerszberg y Changeux, 1998). En la misma línea que la propuesta de Baars (1988, 1997), para Dehaene et al. (1998) la consciencia no sería otra cosa que un intercambio global de información dentro del espacio global de trabajo. Sin embargo, Dehaene et al. (1998) hacen explícita una teoría de base neuronal que permite explicar cómo funcionaría una arquitectura de trabajo global a nivel cerebral. De esta forma, Dehaene et al. (1998) distinguen dos espacios computacionales dentro del cerebro. El primero sería una red de procesamiento, compuesta por un conjunto de procesadores o subsistemas modulares funcionalmente especializados y distribuidos en paralelo (desde procesadores sensoriales primarios como el área V1 o procesadores unimodales como el área V4, hasta procesadores multimodales como las neuronas en el córtex intraparietal lateral o las neuronas “espejo” en el área pre-motora F5, que extraen información categórica o semántica altamente especializada). Cada procesador estaría incluido dentro de dominios corticales topológicamente distintos y con conexiones altamente específicas, bien locales o de rango medio, que “encapsulan” información relevante para su función.

A través de sus proyecciones mutuas hacia -y desde- las neuronas del espacio de trabajo global, se podrían movilizar cinco categorías principales de procesadores neurales. Estas cinco categorías serían: a) *circuitos perceptivos*, los cuales proporcionan información del ambiente exterior al área de trabajo, b) *circuitos motores*, que permiten que el contenido del área de trabajo pueda ser usado para guiar el comportamiento intencional futuro, c) *circuitos de memoria a largo plazo*, que proporcionan al área de trabajo acceso a perceptos y eventos pasados, d) *circuitos de evaluación*, los cuales permiten que las representaciones en el área de trabajo puedan ser asociadas a un valor positivo o negativo y e) *circuitos atencionales*, que permiten al área de trabajo movilizar sus propios circuitos independientemente del mundo exterior (Dehane et al., 1998; Fig. 6).

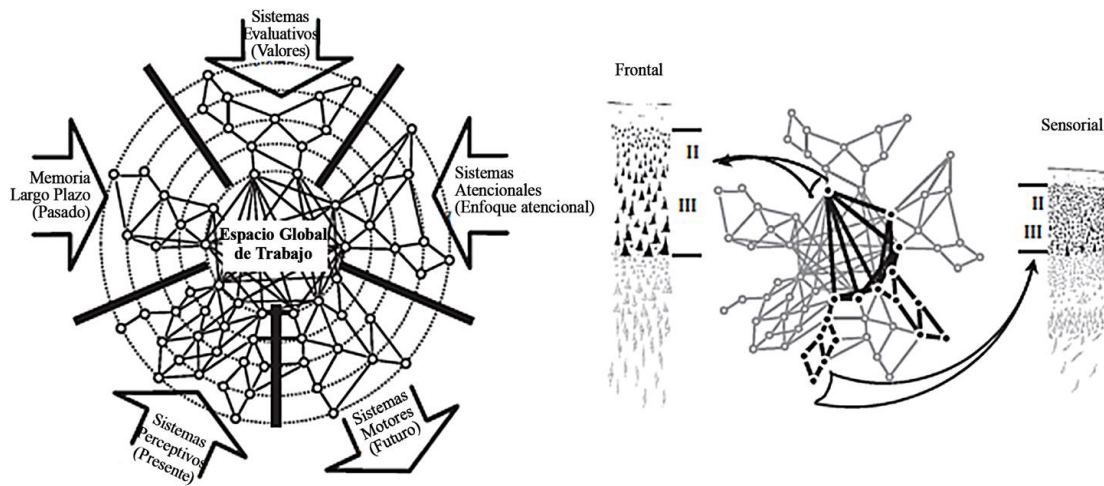


Fig. 6. El espacio neuronal global de trabajo. Adaptada de Dehaene et al. (1998).

El segundo espacio computacional sería el área de trabajo global, la cual consistiría en una red de neuronas corticales distribuidas por las distintas áreas cerebrales, y que se caracterizarían por su habilidad de recibir y enviar proyecciones horizontales a neuronas homologas de otras áreas corticales a través de axones de largo alcance. Estas conexiones cortico-corticales de largo alcance se originarían principalmente en las células piramidales de las capas 2 y 3 de la corteza cerebral, que envían o reciben las llamadas “asociaciones” eferentes y aferentes. Así, el grado en que un determinado área cerebral contribuye al área de trabajo global se relacionaría con el número de neuronas piramidales de esta área que contribuyen a las capas 2 y 3. Además, estas neuronas establecerían conexiones verticales y recíprocas muy robustas -a través de las neuronas de la capa 5- con los núcleos talámicos, de esta forma contribuyendo a la estabilidad de la actividad del espacio de trabajo.

De esta forma, numerosas redes modulares procesarían información de forma paralela en un momento determinado, sin que esta información acceda a la consciencia. Una información se convertiría en consciente cuando el conjunto neuronal que representa es movilizado por una amplificación atencional de arriba-abajo y se propaga a un estado de actividad neuronal coherente a escala cerebral (i.e. incluyendo una gran cantidad de neuronas distribuidas a lo largo de las distintas áreas cerebrales). Esta conectividad de largo alcance de las neuronas del área global permitiría, si su actividad se mantiene por un periodo mínimo de tiempo, que la información esté disponible a una variedad de procesos que incluyen la categorización perceptual, memorización a largo plazo, evaluación o acción intencional. La integración de la información en un espacio global se basaría, por lo tanto, en procesos de reverberación neuronal, los cuales permitirían el mantenimiento temporal de la actividad en las áreas neurales que forman

parte del espacio global (Dehaene y Naccache, 2001). En consecuencia, la teoría neuronal del espacio global de trabajo postula que es esta disponibilidad de información a través del área de trabajo lo que subjetivamente experimentamos como un estado consciente.

2.3.3. La Teoría de la Información Integrada (IIT)

Una reciente e influyente aproximación al problema de la subjetividad es la Teoría de la Información Integrada (*Integrated Information Theory*, IIT) elaborada por el neurocientífico italiano Giulio Tononi y su equipo.

La IIT se aproxima al problema de la consciencia tomando como punto de partida la experiencia en sí misma. Lo hace identificando, en primer lugar, las propiedades esenciales de la experiencia (*axiomas de la experiencia fenomenológica*) e infiriendo las propiedades requeridas de su substrato físico (*postulados de la existencia física*). Los *axiomas de la experiencia fenomenológica* pretenden capturar las propiedades esenciales de la experiencia. Brevemente, serían: (i) la experiencia existe intrínsecamente; (ii) tiene estructura; (iii) es específica; (iv) es unitaria; (v) es definida. Los *postulados de la existencia física* serían las propiedades requeridas por un substrato físico para permitir la experiencia. Así, el substrato físico de una consciencia individual debe: (i) tener poder causa-efecto sobre sí mismo; (ii) tener una estructura interna, de forma que sus partes tenga poder causal dentro del conjunto; (iii) ejercer poder de causa-efecto de una forma específica (Oizumi, Albantakis y Tononi, 2014; Tononi, 2004).

A partir de esto, la IIT propone su concepto de *identidad central*: cada experiencia es idéntica a una *estructura conceptual* especificada por un substrato físico. En otras palabras, una experiencia es una forma en el espacio causa-efecto del substrato

físico. Así, la propuesta principal de la IIT propone que la consciencia se correspondería con la capacidad de un sistema para integrar información. La teoría cuantifica el *nivel de consciencia* de un sistema asignándole un valor Φ para la cantidad de información que puede ser integrada en una determinada estructura conceptual. La experiencia consciente puede ser de esta forma especificada por las variables de interacciones informacionales entre los elementos dentro de esta estructura. La forma de la estructura conceptual, por otro lado, especificaría la *calidad de la experiencia*, su contenido particular o la forma que se siente.

Dos de los conceptos principales dentro de la IIT serían la *diferenciación* y la *integración*. La *diferenciación* sería la disponibilidad de un gran repertorio de posibles experiencias conscientes, siendo cada experiencia concreta diferenciada de todas las demás. La *integración* se referiría al carácter unitario de cada una de estas experiencias, es decir, aunque un contenido consciente estuviera compuesto por muchas dimensiones distintas, los contenidos conscientes se experimentarían como una unidad. La consciencia quedaría caracterizada por el equilibrio entre la diferenciación y la integración.

La principal implicación de la hipótesis propuesta por Tononi es que cualquier sistema físico capaz de integrar información es consciente hasta el punto indicado por la medida Φ . Esto implica que las implementaciones artificiales capaces de integrar información y que alcancen un elevado valor Φ , deberían tener (o estar en disposición de tener) experiencias conscientes.

2.3.4. Teorías de Orden Superior sobre la Consciencia (Higher-Order Theories of Consciousness)

Las teorías de orden superior son teorías representacionales de la consciencia – es decir, aquellas que reducen la consciencia a “representaciones mentales” en lugar de asociarla con estados neuronales- y proponen que la experiencia consciente depende de forma crucial de representaciones mentales de orden superior que representan *a uno mismo estando en un estado mental particular* (Lau y Rosenthal, 2011). Dicho de otra forma, los estados mentales conscientes serían aquellos estados representacionales de los cuales la persona tiene conocimiento (*awareness*). La consciencia para las teorías de orden superior, por lo tanto, consistiría en percepciones o creencias sobre (o acerca de) estados mentales de primer orden. Las teorías de primer orden, como por ejemplo la de Baars (1988, 1998), por el contrario, proponen que los estados conscientes son aquellos en virtud de los cuales las personas tienen conocimiento de las propiedades del mundo o de sí mismos.

Existen tres teorías principales de orden superior: la teoría del sentido interno (*inner-sense theory*) propuesta por Armstrong (1968) y Lycan (1987, 1996); la teoría actualista del pensamiento de orden superior (*actualist higher-order thought theory*) propuesta por Rosenthal (1986, 1997); y la teoría disposicionalista del pensamiento de orden superior (*dispositionalist higher-order thought theory*) propuesta por Carruthers (2000, 2005).

De acuerdo a la *teoría del sentido interno* (Armstrong, 1968; Lycan, 1987, 1996), la consciencia de orden superior es perceptiva. Además de nuestros sentidos de primer orden (vista, oído, olfato, gusto, tacto, propiocepción, etc.), tendríamos también de un conjunto de sentidos de orden superior encargados de escanear los *outputs* de los

sentidos de primer orden y generar representaciones perceptuales sobre ellos. Según esta lógica, como consecuencia del hecho de percibir nuestros propios perceptos, estos últimos pasan a ser fenomenológicamente conscientes. Una experiencia consciente del color rojo, por lo tanto, se daría de la siguiente forma: al percibir el color rojo soy consciente del mismo; y al percibir mi percepto del color rojo, soy consciente de ello; y es este último tipo de consciencia o conocimiento el que convierte al primer tipo de consciencia en consciencia fenomenológica.

La *teoría actualista del pensamiento de orden superior* (Rosenthal, 1986, 1997) propone que la consciencia es de una naturaleza conceptual/proposicional. Por el hecho de *creer* que estoy experimentado la experiencia del color rojo, esa experiencia se convierte en fenomenológicamente consciente. De esta propuesta se deriva que un estado mental es consciente cuando es objeto de un *pensamiento de orden superior* (*higher-order thought*, HOT). La *consciencia fenomenológica*, en particular, se correspondería con ciertos tipos de estados mentales (e.g. *inputs* visuales) que son objeto de pensamientos de orden superior.

En el caso de la *teoría disposicionalista del pensamiento de orden superior* (Carruthers, 2000, 2005), los estados fenomenológicamente conscientes serían aquellos que están inmediatamente *disponibles* al pensamiento de orden superior, en lugar de causarlo. El sentido de conocimiento (*awareness*) es similar a un sentido disposicional por el cual alguien puede decir que es consciente (i.e. conoce) que las cebras no suelen llevar chubasquero- esta proposición sería considerada inmediatamente como verdadera o correcta por cualquier persona, aun cuando nunca lo hubiera considerado de antemano-. La perspectiva disposicionalista sería un planteamiento similar a la actualista, excepto que en la teoría disposicionalista, para que un estado pase a ser

fenológicamente consciente, este no debe ser necesariamente objeto de un pensamiento de orden superior -sólo necesita estar potencialmente disponible para ser objeto de pensamiento-.

2.3.5. Otros acercamientos al estudio de la consciencia

Como hemos visto en el epígrafe 2.2., la teoría del procesamiento recurrente (*Recurrent Processing Theory*) de Victor Lamme (2006, 2010; Figura 3) es, junto a la teoría neuronal del espacio global de trabajo (Dehaene et al., 1998), una de las principales aproximaciones teóricas al problema de la consciencia desde una perspectiva neurocientífica. La propuesta de Lamme se articula en torno a la distinción entre el procesamiento neuronal que ocurre estrictamente *hacia delante* (feedforward), el cual no daría lugar a representaciones conscientes, y el procesamiento *recurrente* (proyecciones horizontales y hacia atrás) entre, y dentro de las mismas, áreas (en el caso de la consciencia visual, las áreas occipito-temporales). Para Lamme (2006, 2010), este procesamiento neuronal recurrente sería lo que convertiría a un contenido mental en consciente.

Por otro lado, la teoría del nivel intermedio (*Intermediate Level Theory of Consciousness*; Jackendoff, 1987) surge como un intento de respuesta a la pregunta: ¿en qué momento el procesamiento de la información se hace consciente? La respuesta parte del hecho de que la mayoría de nuestras capacidades mentales, incluyendo nuestra percepción del mundo o el sistema de procesamiento del lenguaje, están organizadas de forma jerárquica. En cada una de estas jerarquías podemos hablar de procesamientos de nivel bajo, intermedio o alto. En el caso del sistema visual, por ejemplo, la información se procesa en un primer momento en la corteza estriada o área visual primaria (V1),

donde neuronas con campos receptivos pequeños analizan el input procedente de la retina para extraer representaciones de nivel bajo (bordes, orientaciones; procesamiento de bajo nivel), y prosigue a través de distintas áreas visuales hasta alcanzar niveles de representación categóricos en el cortex inferotemporal (procesamiento de nivel alto). El procesamiento de nivel intermedio -en el nivel de la representación del objeto- se produciría entre los dos niveles anteriores, en áreas occipito-temporales. La consciencia, de acuerdo a la teoría del nivel intermedio, emergería en este nivel intermedio de procesamiento (véase Prinz, 2017, para una revisión de la evidencia a favor de esta interpretación).

Finalmente, una propuesta alternativa y novedosa (aunque polémica y discutida) gira en torno a un modelo cuántico de la consciencia (Hameroff y Penrose, 1996, 2014). Esta teoría ubica el procesamiento de la información relacionado con la consciencia a escala sub-celular, específicamente en los microtúbulos del citoesqueleto de cada neurona. El mecanismo que permitiría el surgimiento de la consciencia se ha denominado reducción objetiva orquestada (Orch-OR). La Orch-OR intenta explicar el fenómeno de la consciencia aludiendo a procesos y mecanismos cuánticos en el interior de cada neurona (i.e. condensados, reducción objetiva de la función de onda, véase Hameroff y Penrose, 2014, para una revisión). De momento, no existe evidencia empírica que respalde las proposiciones de una teoría cuántica de la consciencia, por lo que estas son consideradas demasiado especulativas, difíciles de implementar dentro de ningún paradigma experimental actual.

Para un análisis en profundidad de la variedad de teorías contemporáneas de la consciencia, el lector interesado puede consultar los manuales de Schneider y Velmans (2017) o de Gennaro (2018).

Capítulo 3.

La naturaleza de la consciencia visual

3.1. La naturaleza de la consciencia: gradual vs. dicotómica

Recientemente, un nuevo debate ha ido cobrando protagonismo dentro del estudio de la consciencia, el cual gira en torno a la naturaleza gradual o dicotómica de la misma. En este sentido, una naturaleza gradual de la consciencia implicaría diferentes grados o niveles de experiencia subjetiva en la claridad con la que se percibe un estímulo, es decir, la consciencia visual podría entenderse como un continuo de claridad; mientras que una naturaleza dicotómica sugeriría que la percepción de un estímulo visual sigue una lógica de “todo o nada”, es decir, la transición de la ausencia de consciencia a la consciencia es abrupta o dicotómica.

Como hemos visto anteriormente, la lógica detrás los diversos estudios relacionados con la búsqueda de los CNC es la de contrastar la actividad cerebral generada por un estímulo del que el observador es consciente con la actividad cerebral generada por un estímulo del que no tiene consciencia alguna (véase Koch, Massimini, Boly y Tononi, 2016, para una revisión del estado actual en la búsqueda de los CNC). La forma habitual de implementar esta estrategia consiste en manipular el nivel de visibilidad del estímulo presentado con el objetivo de que los participantes perciban el estímulo ajustándose a un patrón dicotómico, es decir, que bien lo perciban claramente o, en cambio, que no lo perciban en absoluto (por ejemplo, presentando el estímulo en el nivel del umbral sensorial, donde aproximadamente el 50% de los ensayos el estímulo es percibido y en el 50% restante no).

Como alternativa a este enfoque, una nueva línea de investigación de reciente incorporación al campo de estudio sobre consciencia se propone estudiar explícitamente si la consciencia visual emerge de forma gradual o dicotómica (véase Windey,

Vermeiren, Atas y Cleeremans, 2014, para una revisión). Una característica relevante de esta línea de trabajo es el procedimiento de medición del nivel de consciencia. En estos estudios, los participantes reportan su nivel de consciencia a través de escalas subjetivas (como por ejemplo la escala PAS, véase Ramsøy y Overgaard, 2004; Fig. 7) que incluyen niveles intermedios de visibilidad, como pueden ser las categorías “percepción débil” o “percepción casi clara”.

Perceptual Awareness Scale (PAS)

Categoría	Descripción (en Ramsøy y Overgaard, 2004; traducción propia)
1- Sin percepción	Sin percepción del estímulo. La respuesta en la tarea objetiva es aleatoria.
2- Percepción débil	Sensación de que se ha presentado algo, no caracterizada por ningún contenido en concreto.
3- Percepción casi clara	Percepción ambigua del estímulo. Algunos aspectos del mismo se experimentan más claramente que otros. Sensación de estar casi seguro/a de la respuesta.
4- Percepción clara	El estímulo se percibe claramente. Totalmente seguro/a de la respuesta.

Fig. 7. Niveles de visibilidad en la Perceptual Awareness Scale (PAS). En Ramsøy y Overgaard (2004).

De esta forma, la distribución de los juicios subjetivos de la escala de consciencia visual puede ser: (1) *unimodal*, si los participantes informan de sus experiencias subjetivas de visibilidad en las cuatro categorías de la escala (estímulos que no vieron en absoluto, estímulos que vieron claramente, pero también estímulos que vieron de forma débil o casi clara); o bien puede ser (2) *bimodal*, si los participantes sólo utilizan las categorías extremas, es decir, o bien reportan una ausencia de percepción del estímulo o una percepción clara del mismo.

Más allá del número de juicios intermedios utilizados en la escala subjetiva de consciencia, otros dos tipos de medidas conductuales pueden ser también analizadas con

el objetivo de explorar la naturaleza gradual o dicotómica de la consciencia visual: las curvas psicofísicas, por un lado, y la proporción de aciertos en tareas de detección y/o discriminación para los distintos niveles de visibilidad (Windey et al., 2014). En primer lugar, las curvas psicofísicas pueden obtenerse cuando el diseño experimental incluye la presentación de un estímulo a lo largo de un rango amplio de duraciones, normalmente en incrementos progresivos de duración (e.g. 10, 20, 30, ..., hasta 100 ms). Los niveles de visibilidad y las proporciones de aciertos se promedian para cada duración y después se representan en una curva psicofísica, lo que permite analizar el grado de pendiente de la misma. La lógica detrás de este tipo de análisis agregado es que una curva de poca pendiente reflejaría una consciencia visual que emerge de forma gradual, mientras que una curva con una pendiente pronunciada sugeriría un carácter dicotómico⁹ (véase Koch y Preuschhoff, 2007; Sandberg, Bibby, Timmermans, Cleeremans y Overgaard, 2011 y Kiefer y Kammer, 2016, para una revisión del análisis con curvas sigmoidales). En segundo lugar, las proporciones de aciertos (normalmente entendida como una “medida objetiva de consciencia”, en oposición a la “medida subjetiva de consciencia” registrada con escalas tipo PAS; véase Persuh, 2018 para una revisión) para cada nivel subjetivo de consciencia pueden ser también utilizadas como indicadores de gradualidad o dicotomía en la aparición de la experiencia consciente. De esta forma, es posible verificar si los incrementos de la visibilidad estimular medidos por la escala subjetiva

⁹ Sin embargo, Windey y Cleeremans (2013) muestran sus reservas a la hora de utilizar las curvas psicofísicas como evidencia directa de una experiencia gradual o dicotómica, dado que, incluso si los participantes utilizaran sólo los juicios 1 y 4 de la escala a lo largo de todo el experimento (lo cual supondría evidencia de una consciencia dicotómica) la curva psicofísica todavía podría reflejar un incremento gradual en la experiencia subjetiva si los participantes utilizan progresivamente un mayor número de juicios 4 para presentaciones del estímulo más largas. Por esto, estos autores prefieren analizar la distribución de juicios de la escala subjetiva (unimodal vs. bimodal) como evidencia de una consciencia gradual o dicotómica.

de consciencia correlacionan con incrementos similares en la proporción de aciertos. Siguiendo la lógica detrás de estos análisis, un conjunto reciente de estudios (Overgaard, Rote, Mouridsen y Ramsøy, 2006; Ramsøy y Overgaard, 2004; Sandberg, Timmermans, Overgaard y Cleeremans, 2010) han sugerido que la consciencia visual emerge de forma gradual y puede entenderse, por lo tanto, como un continuo de claridad perceptiva. Estos estudios informan, por un lado, de un número significativo de percepciones subjetivas intermedias en el uso de la escala subjetiva de consciencia (Overgaard, Nielsen, y Fuglsang-Frederiksen, 2004; Overgaard, Rote, Mouridsen y Ramsøy, 2006; Ramsøy y Overgaard, 2004; Sandberg, Timmermans, Overgaard y Cleeremans, 2010), por otro lado muestran curvas psicofísicas con pendientes que sugieren una evolución gradual de la experiencia subjetiva ante incrementos progresivos de la intensidad del estímulo (Sandberg, Bibby, Timmermans, Cleeremans y Overgaard, 2011), y además encuentran incrementos progresivos en las proporciones de aciertos para incrementos progresivos de la intensidad del estímulo (Overgaard, Rote, Mouridsen y Ramsøy, 2006; Ramsøy y Overgaard, 2004; Sandberg, Timmermans, Overgaard y Cleeremans, 2010).

En contraposición a estos trabajos, otros estudios han obtenido resultados contradictorios a los mencionados, dibujando así una imagen de mayor complejidad en el estudio de la emergencia de consciencia visual. Este segundo grupo de estudios muestran una distribución de los juicios subjetivos más ajustada a una función dicotómica así como curvas psicofísicas de pendientes acentuadas, con umbrales de visibilidad que sugerirían un tránsito abrupto entre la ausencia de percepción y la percepción clara del estímulo (Del Cul, Baillet y Dehaene, 2007, Del Cul, Dehaene y Leboyer, 2006; Del Cul, Dehaene, Reyes, Bravo y Slachevsky, 2009; Sekar, Findley, Poeppel y Llinás, 2013; Sergent y Dehaene, 2004).

3.2. La hipótesis del nivel de procesamiento

Recientemente, la *hipótesis del nivel o profundidad de procesamiento* (NdP o *levels of processing*, LoP; Windey y Cleeremans, 2015) intenta integrar estas dos posiciones aparentemente contradictorias dentro de un marco teórico más amplio. Esta tentativa de reconciliación de los resultados previos tiene su punto de partida en la *hipótesis de la consciencia parcial* planteada por Kouider, de Gardel, Sackur y Dupoux (2010). De acuerdo a esta hipótesis, el acceso a la información de un estímulo estaría organizado de forma jerárquica en función de los distintos niveles de representación del mismo (véase Figura 8). El nivel más básico de representación sería el de “energía” (la luminancia que emite un determinado estímulo, por ejemplo), mientras que el siguiente nivel de representación sería el de “características” o “rasgos simples”, seguido por representaciones de mayor nivel (de acceso a niveles simbólicos o categoriales de la información del estímulo) como serían los niveles “letras” y “palabras”, siendo el nivel más alto de representación el de “significado”.

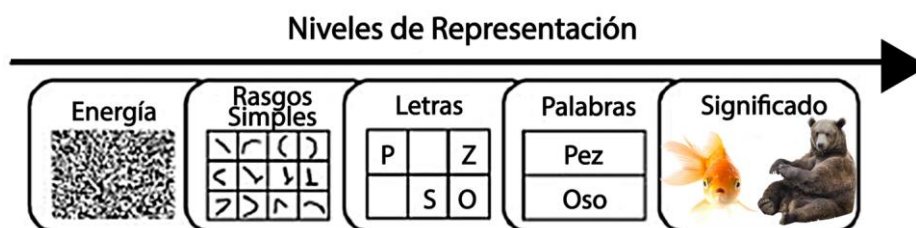


Fig. 8. Niveles de representación de un estímulo. Adaptada de Kouider et al. (2010).

De acuerdo con esta propuesta, la emergencia a la consciencia de una representación de nivel alto diferirá de una de nivel bajo debido a la diferente naturaleza de ambas representaciones, lo cual conllevaría que ambas sean categorizadas o

etiquetadas de forma diferente. Mientras que una representación de alto nivel (números, palabras) normalmente se corresponde con un concepto preciso y concreto, las representaciones de niveles más bajos (energía o características /rasgos simples) no pueden ser fácilmente asociadas a un concepto o etiqueta particular. Por ejemplo, el color o la luminancia serían atributos de bajo nivel del estímulo: el color amarillo difiere de forma gradual del naranja (cuantificable en el sistema RGB), al igual que el nivel de luminancia se incrementa o disminuye a lo largo de un continuo medible en unidades de candela por metro cuadrado (cd/m^2). Por otro lado, una letra no difiere de otra de una forma gradual, sino de una manera clara y precisa, y lo mismo ocurriría con una palabra o un significado.

De esta forma, y de acuerdo a la *hipótesis del nivel del procesamiento* (Windey y Cleeremans, 2015), el acceso consciente a los niveles superiores de representación se produciría de una forma más dicotómica o de acuerdo a una lógica de “todo o nada” (es decir, o bien soy consciente del significado de una palabra o, por el contrario, no lo soy en absoluto), mientras que el acceso consciente a niveles inferiores de representación (como por ejemplo el color) se produciría de una forma más gradual (Windey y Cleeremans, 2015). Es importante mencionar que el tipo de tarea experimental utilizada en cada caso está estrechamente relacionada con el nivel de procesamiento del estímulo. Así, tareas del tipo “presencia/ausencia” del estímulo, detección o localización requerirían un bajo nivel de procesamiento del estímulo, mientras que tareas como la identificación o la categorización de estímulos exigirían un nivel más elevado de procesamiento del estímulo.

La revisión de los resultados previos muestra un patrón convergente con la propuesta del nivel del procesamiento (Windey y Cleeremans, 2015): los trabajos que apoyan una emergencia gradual de la consciencia son precisamente aquellos que han

utilizado estímulos visuales básicos, como enrejados de distintas orientaciones o figuras geométricas sencillas (Overgaard et al., 2004, 2006; Sandberg et al., 2010), mientras que los estudios que muestran un patrón dicotómico de los resultados han utilizado estímulos más complejos, como números, letras o palabras (Del Cul et al., 2006, 2007, 2009; Sekar et al., 2013; Sergent y Dehaene, 2004). Es necesario señalar, asimismo, que los resultados en todos estos estudios pueden verse influenciados, o incluso distorsionados hasta cierto punto, por diversas decisiones experimentales referidas tanto al tipo de escala subjetiva que se utiliza como al método de degradación de la visibilidad del estímulo. Por ejemplo, las escalas subjetivas con mayor número de opciones de respuesta y sin etiquetas verbales precisas para cada uno de los niveles de experiencia visual (por ejemplo, escalas continuas de respuesta; Del Cul et al., 2007; Sergent y Dehaene, 2004) producirían distribuciones de visibilidad más dicotómicas (Pretorius, Tredoux, y Malcolm-Smith, 2016). Por otro lado, paradigmas experimentales como puede ser el parpadeo atencional (*attentional blink*; Sergent y Dehaene, 2004) tienden a producir experiencias subjetivas de carácter dicotómico, mientras que técnicas como el enmascaramiento visual generan mayores proporciones de juicios intermedios de visibilidad (Overgaard et al., 2006; Sandberg et al., 2010). Sin duda, la influencia de factores de carácter metodológico es un aspecto que debe ser considerado con cautela a la hora de interpretar los resultados obtenidos en los trabajos que pretendan estudiar la naturaleza dicotómica o gradual de la consciencia visual.

Entre los trabajos que han explorado en profundidad la *hipótesis del nivel de procesamiento*, Windey, Gevers y Cleeremans (2013) plantearon un estudio en el que analizaron las curvas psicofísicas asociadas a dos tareas que requerían diferentes niveles de procesamiento del estímulo para su correcta realización. En todos ensayos del

experimento, un dígito coloreado se presentaba brevemente (la duraciones oscilaban entre los 10 y los 80 ms) en el centro de la pantalla y, a continuación, se sustituía por un patrón de máscara generado de forma aleatoria utilizando los cuatro colores en los que el estímulo podía ser presentado. Los dos tipos de tareas se manipularon intra-sujetos, de forma que en la mitad de los ensayos los participantes realizaban una tarea de bajo nivel de procesamiento (indicar si el color del dígito que aparecía en la pantalla era azul o rojo) y en la otra mitad los participantes realizaban una tarea de alto nivel de procesamiento (indicar si el dígito que aparecía en la pantalla era mayor o menor que 5). En cada ensayo, los participantes informaban de su experiencia subjetiva del estímulo mediante los cuatro niveles de consciencia de la escala PAS. De esta forma, los autores compararon las curvas psicofísicas para ambas tareas. Sus resultados mostraron una menor pendiente de estas (tanto en la escala subjetiva de consciencia como en las proporciones de acierto) para la tarea de bajo nivel, mientras que las pendientes para la tarea de alto nivel eran significativamente más pronunciadas, por lo tanto en consonancia con la propuesta del nivel de procesamiento.

Como continuación de este trabajo, Anzulewicz, Asanowicz, Windey, Paulewicz, Wierzchón y Cleeremans (2015) presentaron parejas de letras en dos experimentos distintos y solicitaron a sus participantes que realizaran juicios “igual-diferente” de acuerdo a las características físicas de las mismas (i.e. minúscula/mayúscula en el primer experimento o igualdad/desigualdad de color en el segundo experimento; tarea de bajo nivel de procesamiento) o en virtud de un criterio semántico o categorial (vocal/consonante en ambos experimentos; tarea de alto nivel de procesamiento). Los estímulos se presentaron retroactivamente enmascarados con duraciones que variaban entre los 16 y los 128 ms. Sus resultados mostraron que los tiempos de reacción (TR) en las tareas “igual-diferente” eran superiores en la condición

de alto nivel de procesamiento que en la de bajo nivel en ambos experimentos, lo que sería compatible con un procesamiento cognitivo más profundo del estímulo. Además, también en ambos experimentos, los juicios intermedios de la escala PAS fueron más utilizados en la tarea de bajo nivel en comparación con la de alto nivel de procesamiento, sugiriendo que la consciencia emerge de forma más gradual en el primer caso. Sin embargo, la tarea de alto nivel de procesamiento también produjo un número elevado de juicios intermedios, mientras que las proporciones de acierto para incrementos en la duración del estímulo produjeron resultados contradictorios. En ambos experimentos, la tarea de alto nivel mostró una mayor proporción de aciertos para las presentaciones cortas del estímulo (entre los 16 y los 48 ms), resultados que los autores etiquetaron como “inesperados”, mientras que en el segundo experimento el efecto revertía para las dos presentaciones más largas del estímulo (112 y 128 ms). De forma adicional, los resultados mostraron una fuerte correlación entre los juicios en la escala PAS y las proporciones de acierto en ambos experimentos. Sin embargo, en el segundo experimento, mientras que la proporción de aciertos se incrementaba con mayor gradualidad en la tarea de bajo nivel para las duraciones estimulares más cortas, la tarea de alto nivel mostraba mayor gradualidad para las duraciones más largas.

De manera similar, Binder et al. (2017), haciendo uso del mismo diseño experimental que Windey y Cleeremans (2013), plantearon un estudio con resonancia magnética funcional (RMf) para explorar la teoría del nivel de procesamiento a escala cerebral. Sus resultados conductuales mostraron un mayor uso de juicios intermedios en la escala PAS para la tarea de bajo nivel, al igual que en los estudios previos, mientras que no se observaron efectos significativos en las proporciones de acierto entre las dos tareas. Un hallazgo especialmente relevante del trabajo consistió en que la manipulación del nivel de procesamiento modulaba la actividad cerebral en áreas visuales (occipitales

y ventrales), observándose mayor actividad en estas áreas en la tarea de bajo nivel para todos los niveles de visibilidad. Como explicación tentativa, los autores plantearon que, al contrario de lo que ocurriría en la tarea de bajo nivel, en la tarea de nivel alto las estimaciones subjetivas de visibilidad estarían mediadas por representaciones corticales que no se localizan en áreas visuales tempranas. Es conocido que aquellas características del estímulo que son selectivamente atendidas producen una amplificación neuronal en las áreas cerebrales encargadas de procesar dichas características (Maunsell y Treue, 2006). Por lo tanto, el hecho de enfocar la atención a propiedades de bajo o alto nivel del estímulo podría conducir a una amplificación neuronal en aquellas regiones que representan dicha propiedad o característica estimular. De acuerdo a los autores, la influencia del nivel de procesamiento sobre distintos niveles de consciencia se produciría por medio de una modulación atencional sobre aquellas regiones cerebrales que representan características del estímulo que son percibidas de forma consciente.

En un estudio reciente que integra diversos factores relevantes para el estudio de la naturaleza de la consciencia visual, Kiefer and Kammer (2017) exploraron la forma en la que las características contextuales -como por ejemplo el tipo de tarea ("presencia/ausencia", "mayúscula/minúscula", léxica o semántica) y el procedimiento de enmascaramiento (por patrón aleatorio, por falsa tipografía, por letras aleatorias o mediante enmascaramiento por palabras)- modulan la emergencia gradual o dicotómica de la consciencia visual. Los datos para las diferentes asincronías de aparición del estímulo (stimulus-onset asynchronies, SOA; el tiempo transcurrido desde el momento de presentación del estímulo y el momento de aparición de la máscara), que variaban entre 6,7 ms y 340 ms, fueron ajustados a una función psicométrica con la intención de analizar los umbrales de consciencia y las pendientes de las distintas curvas psicofísicas (Del Cul et al., 2007; Koch y Preusschoff, 2007). Los resultados mostraron que la tarea

de menor nivel de procesamiento (ausencia/presencia del estímulo) era la que mostraba el umbral de consciencia más bajo, sugiriendo que la mera presencia del estímulo (nivel de energía) es rápidamente accesible a la consciencia. En contraste, los niveles más profundos de procesamiento del estímulo (i.e. letras, léxico o semántico) mostraban umbrales más elevados de consciencia. Además, la pendiente más pronunciada de las funciones psicofísicas (por lo tanto, la menos gradual) se obtuvo en la tarea de menor nivel de procesamiento (ausencia/presencia del estímulo), y este resultado no era modulado por el tipo de enmascaramiento, lo cual apoya una emergencia dicotómica de la consciencia visual en el nivel de procesamiento más bajo del estímulo. Las curvas psicofísicas para los niveles de procesamiento superiores, por otro lado, mostraban una menor pendiente (sugiriendo una emergencia de la consciencia visual más gradual), y no diferían entre las distintas tareas.

En definitiva, si bien una parte de los resultados obtenidos parece respaldar la *hipótesis del nivel de procesamiento* del estímulo, los estudios revisados muestran también datos incongruentes, como la gran cantidad de juicios intermedios en la escala PAS para niveles altos de procesamiento del estímulo (Windey y Cleeremans, 2013; Anzulewicz et al., 2015; Binder et al., 2017), proporciones de acierto difícilmente interpretables o sin diferencias significativas entre las tareas (Anzulewicz et al., 2015; Binder et al., 2017), e incluso las pendientes de las curvas psicofísicas pueden seguir un patrón inverso al esperado (Kiefer y Kammer, 2017).

En este sentido, la utilización de un mismo rango de presentaciones estimulares en tareas experimentales que requieren distintos niveles de procesamiento del estímulo podría estar introduciendo distorsiones tanto en las curvas psicofísicas como en la distribución de los juicios subjetivos de la escala de consciencia. Es preciso tener en

cuenta que el diseño experimental comúnmente utilizado en los estudios que examinan el papel del nivel de procesamiento utilizan un amplio rango de duraciones del estímulo, idéntico para todas las tareas con independencia del nivel de profundidad del procesamiento que requieran (las duraciones oscilan habitualmente entre 10 y 120 ms). Sin embargo, la emergencia de la consciencia visual parece seguir cursos temporales diferentes en función del nivel de procesamiento o dificultad de la tarea (Grill-Spector y Kanwisher, 2005; VanRullen y Thorpe, 2001). Mientras que la detección de la mera presencia o aparición de un estímulo es fácilmente accesible a la consciencia, un procesamiento más exhaustivo del estímulo –requerido en tareas de identificación o categorización- requiere superar un umbral superior de consciencia. Sin embargo, hasta ahora, ninguno de los estudios previos que manipulan el nivel de procesamiento del estímulo se ha planteado estudiar la naturaleza de la consciencia visual para duraciones predeterminadas –fijas- del estímulo. Un diseño experimental con duraciones fijas y no variables de presentación de los estímulos tendría la ventaja de eliminar posibles confusiones derivadas de ajustar curvas psicofísicas -o de analizar la distribución de los juicios subjetivos- para un amplio rango de tiempos de presentación del estímulo.

Por otro lado, la mayor parte de la evidencia previa sobre la naturaleza de la consciencia visual y el nivel de procesamiento del estímulo aporta datos exclusivamente conductuales (con excepción del trabajo con RMf de Binder et al., 2017). En este sentido, una exploración electroencefalográfica (EEG) de los correlatos neurales de los diferentes niveles de consciencia en función de diferentes niveles de procesamiento del estímulo aportaría resultados de gran relevancia a la hora de entender los mecanismos neuronales subyacentes a los distintos niveles de consciencia y procesamiento del estímulo. Siguiendo esta línea, Tagliabue, Mazzi, Bagattini y Savazzi (2016) llevaron a cabo el único estudio EEG que explora los posibles correlatos electrocorticales de

distintos niveles de consciencia. Sus resultados muestran cómo los componentes VAN y LP (véase epígrafe 2.2. para una descripción de estos componentes) de un PER (Potencial Evento-Relacionado) promediado son modulados en función de la claridad con la que el estímulo es percibido, es decir, la amplitud de las ondas electroencefalográficas asociadas a cada nivel de visibilidad aumenta gradualmente como función del nivel de consciencia.

Más allá de estos resultados, ningún estudio previo de registro electrofisiológico ha explorado los correlatos neuronales de los distintos niveles de consciencia para diferentes niveles de procesamiento del estímulo.

Capítulo 4.

Objetivos y planteamiento general

4.1. Objetivos

La presente tesis doctoral tiene como objetivo explorar la naturaleza de la consciencia visual en función del nivel o profundidad de procesamiento del estímulo.

En concreto, pretendemos explorar de forma exhaustiva la *hipótesis del nivel de procesamiento* (Kouider et al., 2010; Windey & Cleeremans, 2015) para los niveles más bajos de procesamiento del estímulo (“energía” y “características”), así como contrastar -también en el nivel comportamental- las predicciones de la *hipótesis de nivel de procesamiento* en una tarea que requiere una profundidad de procesamiento relativamente baja del estímulo (“energía”) en comparación con una tarea que requiere un nivel de procesamiento relativamente alto del estímulo (“números/letras”). De forma complementaria, exploraremos los correlatos neurales (mediante el registro y análisis de PERs) asociados a la emergencia de la consciencia visual. En concreto, nos centraremos en examinar las posibles diferencias en los componentes electroencefalográficos típicamente asociados a la aparición de la consciencia visual (VAN y LP) en función del nivel de procesamiento del estímulo.

Un aspecto crucial del procedimiento experimental que se implementará consistirá en la utilización de duraciones fijas, predeterminadas y no variables de presentación del estímulo. Este diseño experimental tiene como objetivo eliminar posibles distorsiones en los resultados derivadas de ajustar curvas psicofísicas -o de analizar la distribución de los juicios subjetivos- para un amplio rango de tiempos de presentación del estímulo, al tomar en consideración el hecho de que la emergencia de la consciencia visual parece seguir cursos temporales diferentes en función del nivel de procesamiento o dificultad de la tarea (Grill-Spector y Kanwisher, 2005; VanRullen y

Thorpe, 2001). De forma adicional, este procedimiento nos permite analizar exhaustivamente la relación entre la medida objetiva de consciencia (proporción de aciertos) en cada nivel de experiencia subjetiva (juicio en la escala PAS) a través de las distintas duraciones estímulares utilizadas. Para conseguir diferentes niveles de visibilidad para cada duración específica, manipularemos el nivel de organización de la máscara tomando como ejemplo los estímulos utilizados en Kurylo y Bukhari (2015). Esta manipulación experimental se basa en evidencia previa en la que se muestra cómo la potencia de enmascaramiento correlaciona con el grado de regularidad de la máscara (Ghose, Hermens, & Herzog, 2012; Hermens, & Herzog, 2007). En nuestros experimentos, utilizaremos un diseño de enmascaramiento novedoso basado en manipular la claridad de puntos locales que conforman la máscara –y por lo tanto su nivel de organización- con el objetivo de producir diferentes niveles de visibilidad para cada presentación predeterminada del estímulo.

En resumen, establecemos un procedimiento conductual común en todos nuestros experimentos, consistente en (i) presentar los estímulos en duraciones predeterminadas, (ii) utilizar un procedimiento de enmascaramiento visual manipulando el nivel de organización de la máscara, (iii) proponer dos tareas diferentes (i.e. detección e identificación) con objeto de estudiar la naturaleza de la consciencia visual para distintos niveles de procesamiento del estímulo, (iv) utilizar la escala subjetiva PAS para recoger las experiencias subjetivas de los participantes y (v) registrar una medida objetiva de consciencia (i.e. proporción de aciertos) para cada nivel de experiencia subjetiva a lo largo de las distintas duraciones estímulares/tareas.

Los objetivos específicos del presente trabajo se articulan para intentar contestar a las siguientes preguntas -todavía sin respuesta- dentro del estudio de la consciencia:

- (1) ¿Es el nivel de procesamiento del estímulo un factor determinante a la hora de conceptualizar la naturaleza de consciencia visual? Dicho de otra forma, ¿es la naturaleza de la consciencia visual gradual para niveles de procesamiento bajo del estímulo y dicotómica para niveles de procesamiento alto del estímulo?
- (2) ¿Varía la naturaleza de la consciencia visual en función del curso temporal asociado a distintos niveles de procesamiento/dificultad de la tarea experimental? Es decir, ¿supone la introducción de duraciones predeterminadas –fijas- del estímulo un factor relevante a la hora de entender la naturaleza de la consciencia visual para diferentes niveles de procesamiento del estímulo?
- (3) ¿Existen diferencias significativas en los componentes VAN y LP de un potencial evocado (PER) en función del nivel de procesamiento del estímulo?
- (4) Específicamente, ¿en qué forma difieren los correlatos neurales asociados a diferentes grados de consciencia visual en tareas que requieren un bajo nivel de procesamiento del estímulo (i.e. detección) frente aquellas que requieren un alto nivel de procesamiento del estímulo (identificación)?

4.2. Hipótesis

De acuerdo con la *hipótesis del nivel de procesamiento* (Windey y Cleeremans, 2015), esperamos encontrar un número significativo de juicios intermedios en la escala subjetiva de consciencia para los niveles más bajos de procesamiento del estímulo

(energía y características), así como proporciones de acierto que se incrementen de forma lineal¹⁰ (i.e. gradual) en función del grado de visibilidad del estímulo.

En el caso de los niveles de procesamiento más profundos del estímulo, esperamos encontrar un número significativamente menor de juicios intermedios en la escala subjetiva en comparación con la tarea de bajo nivel. Asimismo, el patrón de resultados de las proporciones de aciertos mostrarán un salto abrupto a partir de un determinado nivel de visibilidad, siguiendo así un incremento no-lineal (e.g. muy bajos niveles de acierto para los juicios 1 y 2 de la escala subjetiva, seguidos de muy altos niveles de aciertos para los juicios 3 y 4 de la escala subjetiva).

En el caso de los componentes VAN y LP de los potenciales evocados (PER), esperamos una modulación lineal de las amplitudes PER en función del nivel de consciencia para la tarea de bajo nivel de procesamiento, mientras que las amplitudes en el PER en la tarea de alto nivel deberían reflejar un incremento no-lineal, como muestra del carácter más dicotómico de la consciencia visual.

A continuación presentamos en detalle nuestros resultados, distribuidos en dos artículos publicados en revistas de reconocido impacto internacional. En el primero de ellos, *The nature of visual awareness at stimulus energy and feature levels: A backward masking studio*, publicado en la revista *Attention, Perception, & Psychophysics* en abril de 2019, exploramos a nivel conductual la *hipótesis del nivel de procesamiento* para los

¹⁰ El tipo de incremento de la proporción de aciertos (lineal vs. no-lineal) a lo largo de la escala de visibilidad lo obtendremos analizando la *tendencia* (o contraste polinomial) que mejor se ajusta a este incremento: una tendencia lineal (*linear trend*) significativa refleja una proporción de aciertos que se incrementa de forma proporcional a lo largo de la escala subjetiva (por lo tanto mostrando un patrón gradual), mientras que una tendencia cuadrática (*quadratic trend*) señala una curva en el patrón, y por lo tanto un incremento no-lineal en los niveles de acierto (Maxwell y Delaney, 2003).

niveles más bajos de procesamiento del estímulo (“energía” y “características/rasgos simples”). Para ello, utilizamos dos tareas (nivel de “energía”: tarea de detección; nivel de “características”: tarea de identificación) y tres duraciones estímulares predeterminadas en cada tarea (nivel de “energía”: 13, 27 y 40 ms; nivel de “características”: 27, 53 y 80 ms). En el segundo artículo, titulado *Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing* y publicado en la revista *Neuropsychologia* en noviembre de 2018, exploramos la *hipótesis del nivel de procesamiento* tanto a nivel conductual como a nivel electrofisiológico. En concreto, contrastamos las predicciones de la *hipótesis de nivel de procesamiento* para un nivel de procesamiento bajo (“energía”, tarea de detección) frente a un nivel de procesamiento alto (“números/letras”, tarea de identificación) del estímulo. En este caso, las duraciones estímulares predeterminadas fueron de 13 y 27 ms para la tarea de detección y 27 y 40 ms para la tarea de identificación. En ambos trabajos se manipuló el nivel de organización de la máscara con el objetivo de producir niveles de visibilidad variables para cada duración estimular.

Capítulo 5.
The nature of visual awareness at stimulus
energy and feature levels: A backward
masking studio.

Jimenez, M., Villalba-García, C., Luna, D., Hinojosa, J. A., & Montoro, P. R. (2019).
The nature of visual awareness at stimulus energy and feature levels: A backward
masking study. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 1-18.
<https://doi.org/10.3758/s13414-019-01732-5>

Abstract

The level of processing (LoP) hypothesis proposes that low-level stimulus perception (i.e., stimulus energy and features) is a graded process whereas high-level (i.e., letters, words, meaning) stimulus perception is all-or-none. In the present study, we set up a visual masking design in order to examine the nature of visual awareness at stimulus energy (i.e., detection task) and feature levels (identification task) at specific individual target durations (13, 27, 40, 53, and 80 ms). We manipulated the strength of the masking to produce different visibility conditions and gathered participants' subjective (across a 4-point awareness scale) and objective (accuracy levels) awareness performances. We found that intermediate ratings (i.e., ratings 2 and 3, which index graded awareness experiences) were used in more than 50% of the trials for target presentations of 27, 40, 53, and 80 ms. In addition, objective accuracy performances for target presentations of 27 and 80 ms produced linearly increasing detection and identification accuracies across the awareness scale categories, respectively. Overall, our results suggest that visual awareness at energy and feature levels of stimulus perception may be graded. Furthermore, we found a divergence in detection and identification performance results, which emphasizes the need for an adequate election of target durations when studying different perceptual processes such as detection versus more complex stimulus identification processes. Finally, "clarity" in the perceptual awareness scale should be exhaustively defined depending on the level of processing of the stimulus, as participants may recalibrate the meaning of the different awareness categories depending on task demands.

Keywords: Awareness – Consciousness – Graded – Dichotomous – Visual masking

5.1. Introduction

The fundamental nature of visual awareness has been, and continues to be, a controversial subject of debate within consciousness research (Overgaard, 2017; Windey, Vermeiren, Atas, & Cleeremans, 2014). While some studies suggest that visual awareness emerges in an all-or-none manner (Asplund, Fougny, Zughni, Martin, & Marois, 2014; Del Cul, Baillet, & Dehaene, 2007; Sergent & Dehaene, 2004; Sekar, Findley, Poeppel, & Llinás, 2013), others propose that it develops gradually through different states of subjective awareness (Overgaard, Rote, Mouridsen, & Ramsøy, 2006; Pretorius, Tredoux, & Malcolm-Smith, 2016; Ramsøy, & Overgaard, 2004; Seth, Dienes, Cleeremans, Overgaard, & Pessoa, 2008).

It cannot be ruled out, however, that the conflicting evidence on the nature of visual awareness responds to specific experimental decisions, such as the stimulus type, the method of rendering the stimuli invisible, or the characteristics of the subjective awareness scale. On the one hand, a typical experiment in search of the Neural Correlates of Consciousness (NCC, see Koch, Massimini, Boly, & Tononi, 2016, for a review) usually consists of contrasting brain activity related to visual stimuli that are consciously perceived to be brain activity in response to stimuli that do not produce visual consciousness. This manipulation is achieved either by presenting visual stimuli at the perceptual threshold (where 50% of trials produce awareness and the other 50% do not, e.g., Sekar et al., 2013) or performing *post hoc* analyses on objective accuracy performances and/or subjective rating distributions in order to divide participants into aware and unaware conditions (Del Cul et al., 2007; Koivisto & Grassini, 2016). Not surprisingly, these studies usually find that visual awareness is all-or-none. On the other hand, the method selected to make the stimuli unaware may also introduce a

confounding variable in the results. In this regard, while paradigms such as the attentional blink may produce more dichotomous subjective experiences (Asplund et al., 2014; Sergent & Dehaene, 2004), masking the stimuli usually yields more graded responses (Overgaard et al., 2006). Furthermore, the number of available categories on a subjective scale of awareness may influence participants' responses. Even though all subjective scales tend to indicate the presence of graded awareness states, the resulting proportion of intermediate ratings differs across the scales. In particular, those scales of greater length and unlabelled intermediate ratings produce more dichotomously distributed subjective ratings (Pretorius et al., 2016). Finally, visual awareness may depend on the depth of stimulus processing (or *level of processing*) associated with a specific experimental task (Kouider, De Gardelle, Sackur, & Dupoux, 2010; Windey & Cleeremans, 2015). According to Kouider et al. (2010), perceptual access to stimulus information would be arranged hierarchically, being the *energy level* of representation at the lowest end of the hierarchy (i.e., stimulus spectrum) and evolving through different levels of stimulus representation such as *feature*, *letters*, *words*, and *meaning*. Thus, the perception of “higher-level” stimulus (such as letters, words, or meaningful stimuli) may produce more dichotomously distributed subjective experiences, whereas “lower-level” stimulus characteristics (stimulus at its basic energy or feature levels) would be perceived according to a more graded pattern (see Windey et al., 2014, for a review). In addition, the *levels of processing* hypothesis suggests that the transition from *energy* to *feature* level should be conceived as gradual, whereas the transitions at the higher levels of processing should be considered as dichotomous (Windey & Cleeremans, 2015). According to this view, low and high-level stimuli would differ on how they emerge to consciousness (more gradually vs. more dichotomously) because of their different nature and how they are labelled. While high-level stimuli (such as letters,

numbers, and words) do typically refer to a precise concept, low-level stimuli (at an energy or feature level) cannot easily be associated with a single label.

Whereas previous evidence seems to be in agreement with this account (Anzulewicz, Asanowicz, Windey, Paulewicz, Wierzchoń, & Cleeremans, 2015; Binder et al., 2017; Windey, Gevers, & Cleeremans, 2013), a recent study by Kiefer and Kammer (2017) cast some doubts on the graded versus dichotomous nature of visual awareness at different depths of stimulus processing. These authors explored how context characteristics, such as task or stimulus feature (stimulus absent/present, capital, lexical or semantic) or the masking method (random pattern mask, false font mask, random letter mask, and word mask), modulated the gradual versus dichotomous emergence of visual awareness. Data for different stimulus-onset asynchronies (SOAs) were fitted into a psychometric function, where threshold and slope analysis were conducted (see Del Cul et al., 2007, and Koch & Preusschoff, 2007, for similar analyses). The absence/ presence of the task showed the lowest awareness threshold, which suggests that stimulus presence (“energy”) is rapidly consciously accessible. In contrast, higher awareness thresholds were related to complex letter, lexical, or semantic features. Noteworthy, when the slopes of the fitted psychophysical functions within each task were analyzed, the steepest slope (thus the less graded) was found for the absence/presence task (i.e., lowest level stimulus processing). This effect was not modulated by masking, which suggests a rather discontinuous emergence of basic visual awareness. Slopes for the higher-level letter, lexical and semantic discrimination tasks were shallower (thus more graded) and did not differ from each other.

Interestingly, while research on the *levels of processing* framework usually consists of presenting a wide range of target durations (Anzulewicz et al., 2015; Binder

et al., 2017; Windey et al., 2013) or target-mask SOAs (Kiefer & Kammer, 2017) to explore the *emergence* of visual awareness for increasing stimulus intensities, no previous study has systematically addressed the nature of visual awareness at specific, fixed, target durations/SOAs. Furthermore, the relation between objective accuracy levels and subjective awareness reports (i.e., accuracy performances at each awareness category) at selected target durations has not yet been thoroughly investigated within the *levels of processing* framework. In addition, an in depth exploration of awareness patterns at stimulus *feature* level, which is situated at the intersection between the lowest (i.e., energy) and higher (letter, words, meaning) processing levels (Windey & Cleeremans, 2015), seems to be lacking within the *levels of processing* framework.

In sum, the reviewed evidence suggests that there are still some crucial questions to be answered within research on the nature of visual awareness from a *levels of processing* perspective. Specifically, what is the nature of the elementary visual experience at its most basic *energy level*? Does visual awareness at the stimulus *feature level* follow a graded or an all-or-none pattern?

In order to explore these open issues, we set up an experimental design that allowed us to examine the nature of visual awareness at the *low end* of the stimulus-processing hierarchy (i.e., *energy* and *feature levels*; Kouider et al., 2010). To achieve this, (1) we had to use an experimental design potentially able to restrict visual awareness in a graded manner; (2) we had to use visual stimuli at the *low-level end* of the stimulus-processing spectrum, and (3) we had to make use of an appropriate subjective awareness scale in order to accurately collect possible intermediate states of subjective awareness. Accordingly, we decided to set up our experiments using (1) a visual masking paradigm, (2) “low-level” visual stimuli based on luminance contrast

(*energy*) and shape features (*feature level*), and (3) a 4-point subjective awareness scale adapted from the PAS scale (Ramsøy & Overgaard, 2004), with the ratings 1 – *no perception*, 2 – *weak perception*, 3 – *almost clear perception*, and 4 – *clear perception*. Moreover, with the intention of assessing the emergence of visual awareness both at the stimulus *energy* and *feature levels*, we used two different experimental tasks: a detection task for the elementary visual experience, and an identification task for the stimulus *feature level*. Crucially, here we intended to explore the graded or dichotomic nature of visual awareness at specific target durations (i.e., at fixed-stimulus presentations). This would allow us to explore temporal differences in the emergence of awareness at stimulus *energy* (i.e., detection) and *feature* (i.e., identification) levels of representation. With this intention, we manipulated the strength of the masking by varying its degree of organization, as prior evidence has shown a link between masking strength and the global regularity of the mask (Ghose, Hermens, & Herzog, 2012; Hermens, & Herzog, 2007). Specifically, regular patterns seem to be less effective for masking stimuli when compared to random patterns (Coltheart, & Arthur, 1972). Therefore, we used a novel masking design that manipulated the regularity of the mask by means of brightness differences in local dot elements (based on similar stimuli used by Kurylo & Bukhari, 2015) in order to produce different degrees of awareness at each independent stimulus duration.

Based on the results of preliminary pilot tests, we decided to explore three different stimulus durations for stimulus-detection task (Study 1 – Experiment 1: 13 ms, Experiment 2: 27 ms, and Experiment 3: 40 ms) and three different stimulus durations when targets had to be also discriminated (Study 2 – Experiment 4: 27 ms, Experiment 5: 53 ms, and Experiment 6: 80 ms). In order to explore the nature of visual awareness

at these different individual target durations, both subjective (i.e., awareness report distribution) and objective (accuracy performances) measures were analyzed. If stimulus processing at *energy* and *feature levels* of representation followed a graded pattern of visual awareness, we would expect participants to report a significant number of intermediate awareness ratings¹¹ across the studied target durations. Conversely, if visual awareness at stimulus *energy* and *feature levels* followed an all-or-none pattern, intermediate ratings would be marginally used across all target durations. Interestingly, if visual awareness is graded at stimulus *energy level* but dichotomous at stimulus *feature level*, intermediate reports would be significantly used in Study 1 yet marginally used in Study 2. Importantly, accuracy performances would provide an objective measure of awareness for each task. A significant relationship between accuracy and awareness ratings would suggest that the different awareness ratings are sensitive to participants' awareness levels (note that the PAS scale is able to show strong performance-awareness correlation; Sandberg, Timmermans, Overgaard, & Cleeremans, 2010). In addition, trend analyses on accuracy levels across awareness categories would provide meaningful data on the linear versus non-linear nature of the objective awareness measure at the different specific target durations: a significant *linear trend* shows that accuracy performances increase proportionately across the awareness categories, thus suggesting a graded pattern of awareness, whereas a *quadratic trend* signals a curve in the pattern, and therefore a non-linear increase in

¹¹ Since a perfectly graded awareness distribution would produce equal awareness reports for the four awareness levels (i.e., 25% of reports at each level), we set that percentage as a measure of a significant number of reports when exploring the use of intermediate ratings (i.e., rating 2 and rating 3). The more frequent use of middle ratings is assumed to reflect more graded visibility (Anzulewicz et al., 2015; Sandberg, Timmermans, Overgaard, & Cleeremans, 2010; Windey et al., 2014).

objective accuracy levels (Maxwell & Delaney, 2003). The use of trend analysis has been previously implemented for testing linear relations between PAS categories and accuracy levels (Tagliabue, Mazzi, Bagattini, & Savazzi, 2016), and in the exploration of levels of processing hypotheses at individual target durations (see Jimenez, Grassini, Montoro, Luna & Koivisto, 2018, for a similar analysis).

5.2. Study 1: Stimulus *energy level*

In order to explore the nature of visual awareness at the stimulus energy level, three different experiments (13, 27, and 40 ms stimulus durations) were conducted where participants performed a target-detection task.

5.2.1. Experiment 1: Target presentation of 13 ms

5.2.1.1. Method

5.2.1.1.1. *Participants*

Twenty-four students (19 women, age range = 18–50 years, $M = 32$; $SD = 11.3$) from the Universidad Nacional de Educacion a Distancia (UNED) took part in the study. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation.

5.2.1.1.2. *Stimuli and apparatus*

Stimuli and apparatus The stimuli were displayed on a 19-in. LCD–LED Samsung 943N color monitor with a 75-Hz refresh rate, a 5:4 aspect ratio, and a resolution of 1.280×1.024 controlled by a computer running E-Prime 1.2 software (Psychology Software Tools, 1996–2002). Viewing distance was approximately 57 cm.

All the stimuli were displayed in the center of the screen subtending a visual angle of $14^\circ \times 14^\circ$. The luminance of the background was 8.3 cd/m^2 .¹²

The target consisted of a square form of clear dots (33.2 cd/ m^2) that could be detected against the darker dots (0.07 cd/m^2) of the background (*light square*, see Fig. 9a), and was presented on a grid of 20×20 local elements (dots), each dot subtending a visual angle of 0.4° . The *light squares* were composed of 12 clear dots, their sides subtending a 2.4° visual angle. Targets appeared in one of the four quadrants of the grid. The center of the target in each quadrant was at 4.7° from the center of the screen.

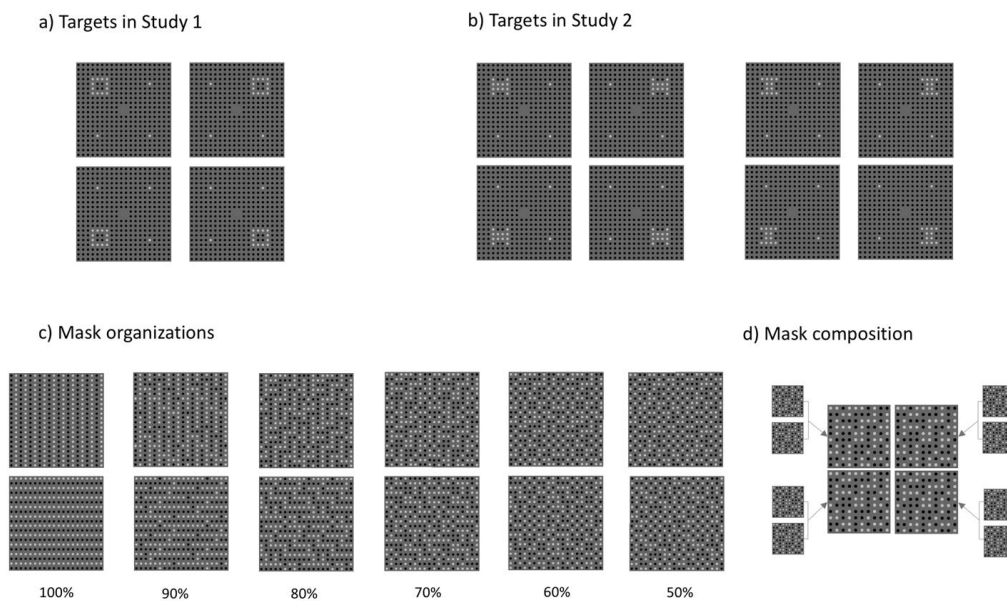


Fig. 9. (a) Targets in Study 1, (b) Targets in Study 2, (c) Mask organizations, and (d) Mask composition.

¹² The timing of events was measured using an external device CEV1 (made by CIBERTEC S.A.), which verifies the timing with a precision of milliseconds by means of a photodiode BPN 77NA connected to an internal chronometer.

In the center of the three quadrants where the target did not appear, a clear (33.2 cd/m^2) dot appeared at 4.7° from the center of the screen. The remaining local elements of the grid were dark dots.

The masks were composed of a grid of 20×20 local elements (dots), half of them clear (33.2 cd/m^2) and the other half of them dark (0.07 cd/m^2). There were six different mask types based on their degree of organization (100% organization, 90%, 80%, 70%, 60%, and 50%) (see Fig. 9c). More irregular masks were generated by introducing opposite luminance dots into each column/row: 90% organization masks had 90% same brightness dots in each column/row, 80% organization masks had 80% same brightness dots in each column/row, etc. Eventually, in the 50% organization mask, the different brightness dots were randomly distributed across the mask. Each mask was created by gluing together four sub-masks randomly assigned to each quadrant of the stimulus (see Fig. 9d). There were four different sub-masks to be assigned for each mask organization, two in the vertical axis and two in the horizontal axis. This manipulation was intended to create effective and homogenous masking conditions across all four grid quadrants. At the same time, it would allow us to create masks with different masking strengths while, importantly, keeping the duration and energy of the stimuli constant. There were 24 mask variations for each organization (90% to 50%) and two possible masks for the most organized mask type (100%), for a total of 122 possible masks.

5.2.1.1.3. Procedure and design

The task consisted of detecting in which of the four quadrants the *light square* target appeared. It was completed individually in dimly lit experimental cabins. Before the task, the targets were shown on a projector screen and participants were informed

about the sequence of events. Specifically, participants were informed that in each trial the *light square* would be briefly flashed and backward masked, whereas their task would be to inform in which of the four quadrants it appeared. Participants were informed that, if they did not see or were not sure on which quadrant the target appeared, they had to guess the response by clicking randomly on one of the four quadrants. The sequence of events for the detection task in Study 1 is shown in Fig. 10a. In each trial, an initial (“ready?”) screen appeared until participants pressed the space bar on their keyboards. When pressed, it activated a “3-2-1 countdown”, after which the target appeared for 13 ms, followed by the mask for a duration of 27 ms. Immediately after, the first response screen was shown in which participants indicated the target location by clicking with the mouse on one of the four possible quadrants that were displayed. This was followed by the second response screen, where participants indicated their subjective awareness by clicking with the mouse on one of the four possible ratings. The response options appeared in four horizontally-oriented rectangles, which ranged from (1) *no perception* to (4) *clear perception*, with the intermediate options (2) *weak perception* and (3) *almost clear perception*. A blank, inter-trial screen then appeared for 800 ms. The experimental session started with a practice block of 24 trials followed by five blocks of 48 trials each, yielding a total of 240 experimental trials. In order to avoid fatigue effects, participants were allowed to rest at their convenience between experimental blocks.

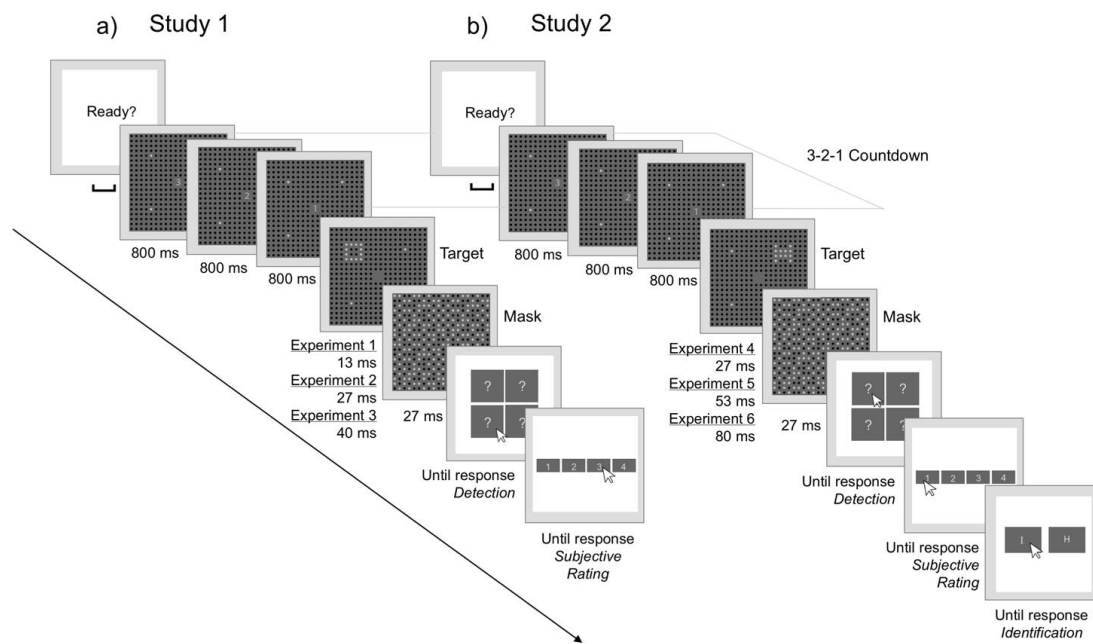


Fig. 10. (a) Sequence of events in Study 1. (b) Sequence of events in Study 2.

5.2.1.2. Results and discussion

5.2.1.2.1. Subjective awareness

Participants predominantly used *no perception* (rating 1) in 73% of the trials, with *weak perception* being the second most used category (rating 2: 22.5% of the trials) (see Table 1 and Fig. 11a¹³). Intermediate ratings (i.e., aggregated ratings 2 and 3) were reported in only 27 % of the trials (see Fig. 11a and b). Overall, these results suggest that participants' subjective awareness of the stimulus was very low when the target was presented for 13 ms.

¹³ Accuracy distributions were transformed to % of trials (see Figs. 11 and 12) in order to facilitate data interpretation.

In order to explore possible awareness rating differences at different mask organizations, we conducted a 6 (Mask Organization: 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%) \times 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness reports. Results showed that Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,345) = 0.87$, $MSE = 4.26$, $p = .599$, $\eta^2_p = .03$), indicating that the different mask organizations did not produce different awareness distributions.

5.2.1.2.2. Detection results

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .33; $t(23) = 3.93$; $p < .001$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .47, rating 3 = .55, and rating 4 = .62 (see Table 1 and Fig. 11c).

Detection accuracies were analyzed in SPSS (SPSS 20, IBM corp. Released 2011) using a linear mixed-effects model (McCulloch & Searle, 2004) in order to avoid the listwise deletion of missing values (missing accuracies for unreported awareness levels). Following maximum likelihood estimation (MLE), Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,322) = 324.31$, $p = .581$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,322) = 5.09$, $p = .002$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,322) = 0.93$, $p = .527$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness. A significant linear trend ($F(3,56) = 7.58$, $MSE = 0.07$, $p = .008$, $\eta^2_p = .12$) indicated that accuracy levels increased linearly across

the awareness scale. Nonetheless, objective performances did not reach high accuracies across the awareness scale (i.e., 62% at clear perception; see Table 1 and Fig. 11c), which in line with the subjective awareness distribution, suggests that a target presentation of 13 ms was a very restrictive condition in order to produce either a gradual or a dichotomic pattern of awareness experiences.

Table 1. Results of Study 1: Awareness ratings (in %) and accuracy performances (percentage correct) at each awareness rating

Study 1	Awareness scale			
	<i>1-no perception</i>	<i>2-weak perception</i>	<i>3-almost clear</i>	<i>4-clear perception</i>
Awareness Reports				
Exp. 1 -13 ms	73%	22.5%	4%	0.5%
Exp. 2 -27 ms	34%	44%	18%	4%
Exp. 3 -40 ms	11%	25%	34%	30%
Detection Accuracy				
Exp. 1 -13 ms	.33	.47	.55	.62
Exp. 2 -27 ms	.34	.52	.73	.81
Exp. 3 -40 ms	.47	.83	.93	1.00

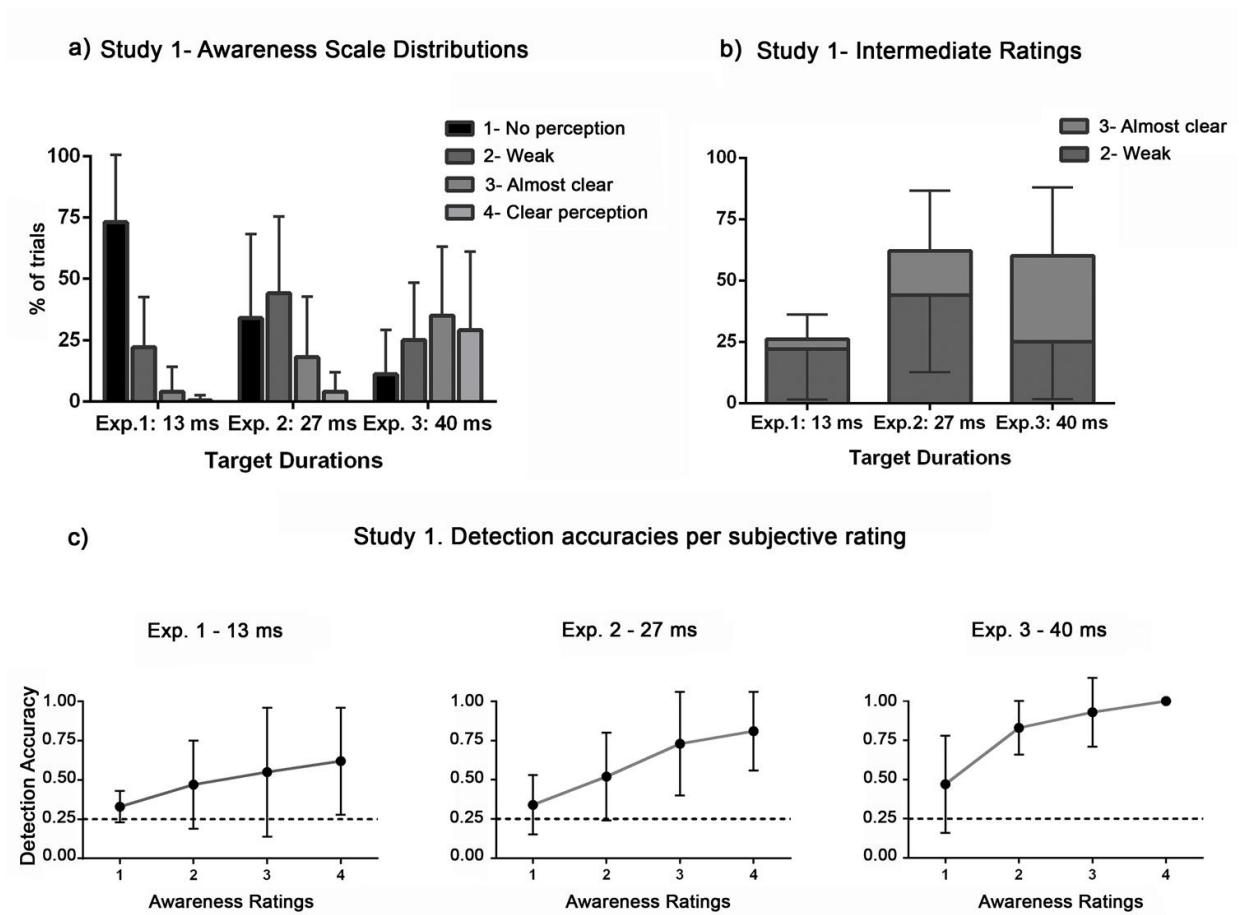


Fig. 11. Results of Study 1: (a) awareness ratings (in %) at the different stimulus durations, (b) intermediate ratings (in %) at the different stimulus durations, (c) accuracy performances (proportion correct) per awareness rating. Error bars represent standard deviations (SDs).

5.2.2. Experiment 2: Target presentation of 27 ms

5.2.2.1. Method

5.2.2.1.1. Participants

Twenty-three students (20 women, age range = 20–62 years, $M = 34$; $SD = 13.6$) from the UNED took part in the study. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation.

5.2.2.1.2. *Stimuli and apparatus*

Stimuli and apparatus were identical to those used in Experiment 1.

5.2.2.1.3. *Procedure and design*

The procedure and design were identical to Experiment 1, with the exception that the target was presented for 27 ms.

5.2.2.2. Results and discussion

5.2.2.2.1. *Subjective awareness*

No perception reports (rating 1) were used in 34% of the trials, with *clear perceptions* (rating 4) being reported in only 4% of the trials (see Table 1 and Fig. 3a). Interestingly, *weak perception* (rating 2) was significantly used in 44% of trials, whereas *almost clear perceptions* were also frequently used (rating 3: 18% of trials). Overall, a target presentation of 27 ms produced a high number of intermediate ratings, ratings 2 and 3 together being reported in 62% of the trials (see Fig. 11a and b).

Again, a 6 (Mask Organization: 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%) \times 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness reports was conducted. Results showed no interaction between Mask Organization and Awareness ($F(6,134) = 2.02, MSE = 9.94, p = .065, \eta^2_p = .08^{14}$), suggesting that different mask organizations did not produce different awareness distributions.

5.2.2.2.2. *Detection results*

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .34; $t(21) = 2.27; p = .034$), whereas accuracies for the

¹⁴ Greenhouse-Geisser corrections are applied on *p-values* and degrees of freedom when the sphericity assumption is violated.

remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .52, rating 3 = .73, and rating 4 = .81 (see Table 1 and Fig. 11c).

Detection accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model in order to avoid listwise deletion of missing values. Again, Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,355) = 0.22, p = .953$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,355) = 39.86, p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,355) = 0.36, p = .988$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, which showed that accuracy levels increased proportionately across the awareness scale, as suggested by a highly significant linear trend for Awareness ($F(3,60) = 24.79, MSE = 0.70, p < .001, \eta^2_p = .29$). These results are in line with a gradual increase in objective accuracy levels across the awareness scale.

In sum, accuracy performances increased proportionately as a function of awareness of the target and, in addition, both *weak* or *almost clear* perception ratings were reported in more than half of the trials. In combination, both objective and subjective measures of awareness suggest that stimulus processing at energy level may follow a graded pattern for a target presentation of 27 ms.

5.2.3. Experiment 3: Target presentation of 40 ms

5.2.3.1. Method

5.2.3.1.1. *Participants*

Twenty-one students (17 women, age range = 19–53 years, $M = 33$; $SD = 12.3$) from the UNED took part in the study. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation.

5.2.3.1.2. *Stimuli and apparatus*

Stimuli and apparatus were identical to those used Experiments 1 and 2.

5.2.3.1.3. *Procedure and design*

The procedure and design were identical to Experiments 1 and 2, with the exception of a 40-ms target presentation.

5.2.3.2. Results and discussion

5.2.3.2.1. *Subjective awareness*

A target presentation of 40 ms produced a significant use of both *weak* (rating 2: 25% of the trials) and *almost clear* (rating 3: 34% of the trials) perceptions. Intermediate ratings (aggregated ratings 2 and 3) were overall reported in 59% of the trials (see Table 1 and Fig. 11a and b). In addition, *clear perceptions* (rating 4) were also significantly reported in 30% of the trials, whereas *no perception* (rating 1) was reported in only 11% of the trials. Overall, a target presentation of 40 ms produced a less restrictive awareness of the stimulus, both intermediate ratings 2 and 3 being very frequently used.

A repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness reports at different mask organizations was again conducted. Results showed that Mask Organization did not interact with Awareness ($F(6,123) = 1.51$, $MSE = 6.75$, $p = .180$, $\eta^2_p = .07$),

suggesting that the different mask organizations did not produce different awareness distributions.

5.2.3.2.2. *Detection results*

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .47; $t(18) = 3.13$; $p = .006$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .83, rating 3 = .93, and rating 4 = 1.00 (see Table 1 and Fig. 11c).

Detection accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model. Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,390) = 0.39$, $p = .857$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,390) = 117.58$, $p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,390) = 0.47$, $p = .955$). Polynomial contrasts produced both significant linear ($F(3,70) = 57.19$, $MSE = 0.04$, $p < .001$, $\eta^2_p = .48$) and quadratic ($F(3,70) = 8.97$, $MSE = .04$, $p = .004$, $\eta^2_p = .48$) trends for Awareness. A visual inspection of detection performances across the awareness scales (Fig. 11c) showed an abrupt increase in accuracy levels from awareness rating 1 to awareness rating 2, thus following a non-gradual pattern.

Overall, a target presentation of 40 ms was able to produce a significant number of both *weak* (rating 2) and *almost clear* (rating 3) intermediate reports. On the other hand, accuracy performances abruptly increased from rating 1 to rating 2, which suggest that objective detection performance (but not subjective awareness) is very sensitive to small changes in target presentations at stimulus *energy level*.

5.2.4. Study 1: Interim discussion

Results for Experiment 1 showed that a target presentation of 13 ms resulted in a very restrictive visual condition, *no perception* reports (rating 1) being received in 73% of the trials. A target presentation of 27 ms (Exp. 2) produced a predominant number of *weak perceptions* (rating 2: 44 % of trials), with *almost clear perceptions* (rating 3) also being frequently used (18% of trials; aggregated intermediate ratings being informed in 62% of the trials). Finally, awareness ratings were more evenly used when the target was presented for 40 ms (Exp. 3), both *weak* (rating 2) and *almost clear* (rating 3) perceptions being significantly used in 25% and 34% of the trials, respectively (aggregated intermediate ratings being used in 59% of the trials).

Objective accuracy analyses showed that different accuracy levels increased as a function of awareness in all three experiments. When the target was presented for 13 ms (Experiment 1), a small (yet linear) increase in accuracies was observed across awareness ratings (see Table 1 and Fig. 3c). When the target was presented for 27 ms (Exp. 2), accuracy levels proportionately increased at each awareness category, thus following a linear pattern. Finally, when the target was presented for 40 ms (Exp. 3), accuracy levels increased non-linearly across awareness categories.

In sum, both subjective awareness distribution and objective accuracy performances suggest that the stimulus processing at *energy level* may follow a graded pattern when the target is presented for 27 ms. Results from Experiment 3 provide additional evidence that stimulus perception at its most basic *energy level* may produce a significant number of intermediate (both *weak* and *almost clear*) perceptions. In addition, accuracy results at this target presentation suggest that objective accuracy

performances are very sensitive to small changes in target presentations at stimulus *energy level*.

Also, different mask organizations did not produce either different awareness distributions or different accuracy levels across the three different target durations. Yet, even though each mask organization was not associated with specific awareness levels, the masking design was successful in producing different awareness levels (as shown by both subjective and objective awareness measures).

Finally, accuracy levels at rating 1 (*no perception*) were above chance level at the three studied target presentations. These results are consistent with previous evidence (Overgaard et al., 2006; Sandberg et al., 2010) showing that even the detection of very briefly presented masked targets may produce above chance level results. Two different scenarios may explain these results. One possibility is that participants chose the no perception rating when they actually had some (weak) perception of the target. Alternatively, unconscious processing of the stimulus might have influenced the detection accuracies in the absence of awareness.

5.3. Study 2: Stimulus *feature level*

In order to explore the nature of visual awareness at the stimulus *feature level*, *I-shaped* and *H-shaped* figures (see Fig. 1b) were presented in three different experiments (27, 53, and 80 ms target presentations). Here participants had to both detect and identify the target displayed at one of four possible locations on the screen. The same group of participants from Study 1 took part in the three experiments in Study 2.

5.3.1. Experiment 4: Target presentation of 27 ms

5.3.1.1. Method

5.3.1.1.1. Participants

Twenty-three students (20 women, age range = 20–62 years, $M = 34$; $SD = 13.6$) from the Universidad Nacional de Educacion a Distancia (UNED) took part in the experiment. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation. These participants had previously participated in Experiment 2 (same target duration of 27 ms) in Study 1.

5.3.1.1.2. Stimuli and apparatus

The stimuli and apparatus were identical to those used in Study 1, except for the following: targets consisted of *I-shaped* or *H-shaped* forms generated from the same number of clear dots that mad up the light square (see Fig. 9b). Therefore, the identification of these two targets would be based on the different geometrical features of each stimulus. *I-shaped* and *H-shaped* targets were composed of 12 clear dots (33.2 cd/m^2) subtended 2.4° at their widest part and 1° at the narrowest (see Fig. 9b).

5.3.1.1.3. Procedure and design

The experiment consisted of two successive tasks: detecting in which of the four quadrants the *I-shaped* and *H-shaped* targets appeared (detection task) and indicating which of the two shapes had appeared (identification task). Participants completed the tasks individually, in dimly lit experimental cabins. Prior to the start of the experiment, the targets were shown on a projector screen and participants were informed about the sequence of events. The sequence of events for a trial in Study 2 is shown in Fig. 10b. In each trial, the initial (“Ready?”) screen appeared until participants pressed the space bar, which prompted the “3-2-1 countdown”, and immediately after the target appeared

for 27 ms followed by the mask for 27 ms. After that, the first response screen appeared in which participants indicated the target location by clicking with the mouse on one of the four possible quadrants. This was followed by the second response screen where participants indicated their subjective awareness by clicking with the mouse on one of the four possible ratings. Finally, a third response screen appeared, where participants had to report which of the two targets they considered had been shown in each trial (see Fig. 10b) by clicking on one of the two provided options: *I-shaped* or *H-shaped* form. Participants were informed that, if they could not locate or identify the targets, they had to guess the response by clicking randomly. The experiment consisted of a practice block with 24 trials followed by two blocks of 96 trials each, for a total of 192 experimental trials per target duration. In order to avoid fatigue effects, participants were allowed to rest between experimental blocks.

5.3.1.2. Results and discussion

5.3.1.2.1. Subjective awareness

Participants' subjective awareness of the stimulus was very restricted when the *I-shaped* and *H-shaped* stimuli were presented for 27 ms, as shown by *no perception* (rating 1) being reported in more than half of the trials (51%) and *clear perception* (rating 4) being marginally used in 2% of the trials (see Table 2 and Fig. 12a). *Weak perception* (rating 2) was significantly used in 39% of the trials, but *almost clear perceptions* (rating 3) were reported in only 8% of the trials, the total number of intermediate ratings not reaching half of the reports (47%) (see Fig. 12a and b).

In order to explore possible awareness rating differences at different mask organizations, a 6 (Mask Organization: 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%) \times 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness

reports was conducted. Results showed no interaction between Mask Organization and Awareness ($F(5,99) = 2.27$, $MSE = 15.80$, $p = .059$, $\eta^2_p = .09$), suggesting that different mask organizations did not produce different awareness distributions.

5.3.1.2.2. Detection results

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .37; $t(22) = 2.49$; $p = .021$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .43, rating 3 = .48, and rating 4 = .43 (see Table 2 and Fig. 12c).

Detection accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model (McCulloch & Searle, 2004) in order to avoid listwise deletion of missing values (missing accuracies for unreported awareness levels). Following maximum likelihood estimation (MLE), Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,339) = 0.40$, $p = .843$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,339) = 8.22$, $p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,339) = 1.00$, $p = .450$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, which did not show any significant trend. In sum, objective accuracy analyses were low through all awareness categories, which suggests that *I-shaped* and *H-shaped* targets presented for a SOA of 27 ms were very difficult to detect.

5.3.1.2.3. *Identification results*

Identification accuracy was at chance level (.50) when participants reported *no perception* of the stimulus (rating 1: .51; $t(22) = .35$; $p = .731$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .50, rating 3 = .35, and rating 4 = .66 (see Table 2 and Fig. 12c).

Identification accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model. Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,339) = 1.37$, $p = .232$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,339) = 4.14$, $p = .007$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels. In addition, Mask Organization interacted with Awareness ($F(15,339) = 1.99$, $p = .015$). The exploration of pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that the only significant differences in accuracy levels were observed at rating 3 (*almost clear perception*) between 60% and 90% ($p = .025$), 70% and 90% ($p = .005$) and 90% and 100% mask organizations ($p = .004$), accuracy levels being lower for 90% mask organization in all cases. All other pairwise comparisons produced an absence of accuracy differences per awareness category across mask organizations (all $ps > .05$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, results showing a significant quadratic trend ($F(3,69) = 7.57$, $MSE = 0.04$, $p = .008$, $\eta^2_p = .18$). A visual inspection of feature identification results (Fig. 12) showed that all awareness categories were linked to low accuracy levels, whereas the quadratic trend reflected an initial drop in accuracies from rating 2 to rating 3, and the following increase in accuracy level at rating 4. Thus, even though accuracies

were low for both stimulus detection and identification at all awareness levels, *almost clear* and *clear ratings* were still (marginally) reported, which suggest that some participants may show a tendency to use all available awareness categories even when stimulus visibility is very restrictive.

Interestingly, although accuracy levels were above chance level for the detection of the stimulus when observers reported *no perception* of the stimulus (rating 1), they were at chance level for the identification of target features.

Overall, both subjective and objective awareness measures suggest that a SOA of 27 ms was a very short target presentation in order to produce either a gradual or a dichotomic pattern of awareness experiences at either stimulus *energy* or *feature levels*.

Table 2. Results in Study 2: Awareness ratings (in %) and accuracy performances (proportion correct) at each awareness rating

Study 2	Awareness scale			
	<i>1-no perception</i>	<i>2-weak perception</i>	<i>3-almost clear</i>	<i>4-clear perception</i>
Awareness Reports				
Exp. 4 -27 ms	51%	39%	8%	2%
Exp. 5 -53 ms	16%	48%	26%	10%
Exp. 6 -80 ms	3%	21%	30%	46%
Detection Accuracy				
Exp. 4 -27 ms	.37	.43	.48	.43
Exp. 5 -53 ms	.60	.91	.99	.97
Exp. 6 -80 ms	.54	.96	.98	.97
Identification Acc.				
Exp. 4 -27 ms	.51	.50	.35	.66
Exp. 5 -53 ms	.57	.55	.68	.63
Exp. 6 -80 ms	.67	.76	.91	.91

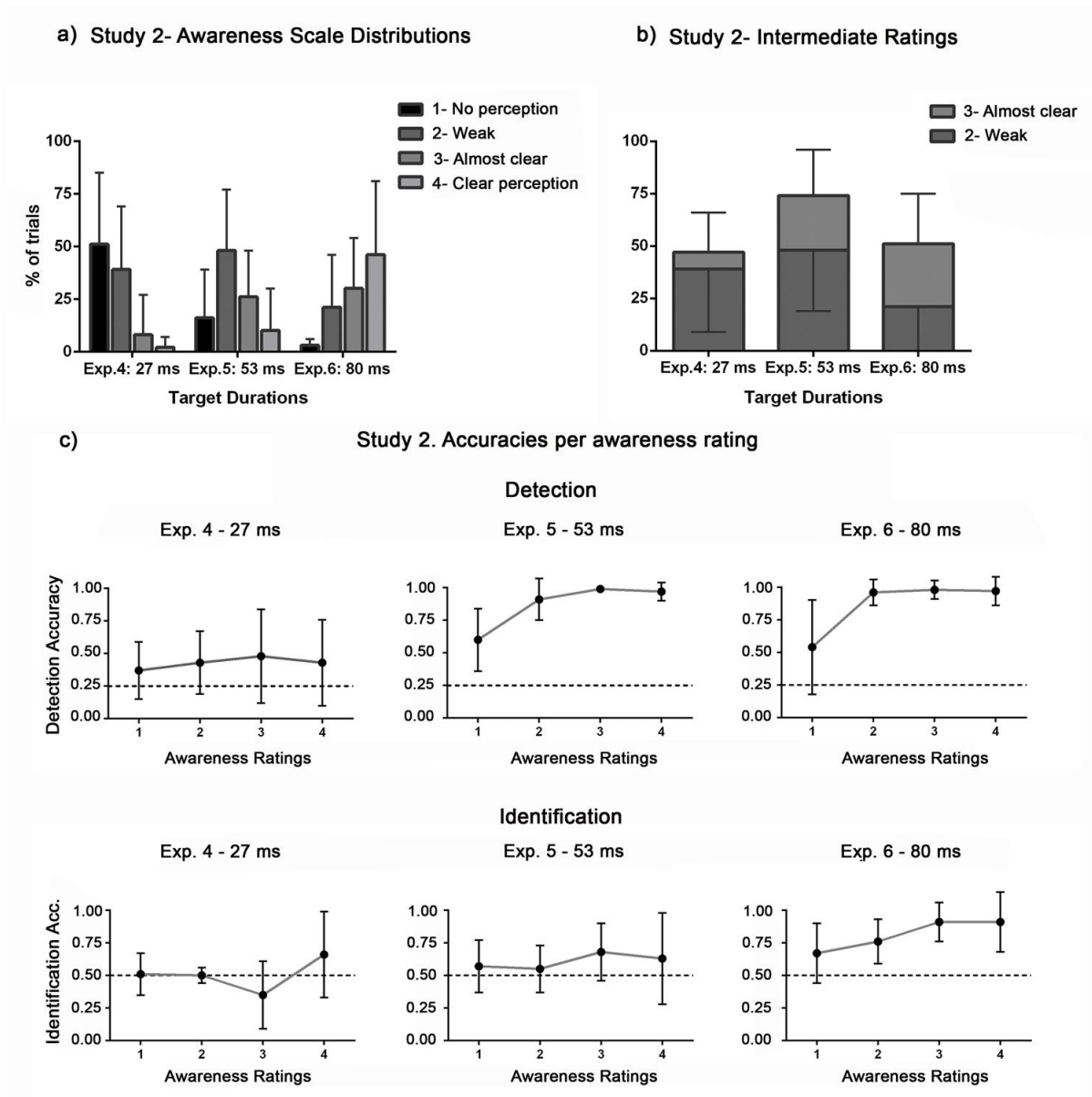


Fig. 12. Results of Study 2: (a) Awareness ratings (in %) at the different stimulus durations, (b) intermediate ratings (in %) at the different stimulus durations, (c) accuracy performances (proportion correct) per awareness rating. Error bars represent standard deviations (SDs).

5.3.2. Experiment 5: Target presentation of 53 ms

5.3.2.1. Method

5.3.2.1.1. *Participants*

Twenty-four students (19 women, age range = 18–50 years, $M = 32$; $SD = 11.3$) from the UNED took part in the experiment. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation. These participants had previously participated in Experiment 1 (target presentation of 13 ms) in Study 1.

5.3.2.1.2. *Stimuli and apparatus*

Stimuli and apparatus were identical to those used Experiment 1.

5.3.2.1.3. *Procedure and design*

The procedure and design were identical to Experiment 4, with the exception that the target was presented for 53 ms.

5.3.2.2. Results and discussion

5.3.2.2.1. *Subjective awareness*

When targets were presented for 53 ms, a significant number of *weak* (rating 2: 48% of the trials) and *almost clear* (rating 3: 26% of the trials) perceptions were reported (see Table 2 and Fig. 12a and b). Intermediate ratings were thus reported in 74% of the trials. The extremes of the scale, on the other hand, were only reported in 26% of the trials (rating 1: 16%, rating 4: 10%).

A repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness reports at different mask organizations was conducted, which showed a significant interaction between Mask Organization and Awareness ($F(7,164) = 2.63$, $MSE = 8.77$, $p = .013$, $\eta^2_p = .10$), suggesting that different mask organizations did produce different awareness reports.

Pairwise comparisons (Bonferroni corrected), however, showed that different awareness reports were used equally across different mask organizations (all p s > .05).

5.3.2.2.2. *Detection results*

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .60; $t(20) = 6.70$; $p < .001$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .91, rating 3 = .99 and rating 4 = .97 (see Table 2 and Fig. 12c).

Detection accuracies were again analyzed using a linear mixed-effects model. Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,417) = 1.52$, $p = .183$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,417) = 86.19$, $p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,417) = 1.14$, $p = .316$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, which produced both a linear ($F(3,79) = 67.38$, $MSE = 0.02$, $p < .001$, $\eta^2_p = .54$) and a quadratic ($F(3,79) = 25.32$, $MSE = 0.02$, $p < .001$, $\eta^2_p = .54$) trend. A visual inspection of detection performances across the awareness scales (Fig. 12c) showed an abrupt increase in accuracy levels from awareness rating 1 to awareness rating 2, thus following a non-gradual pattern.

5.3.2.2.3. *Identification results*

Identification accuracy was at chance level (.50) when participants reported *no perception* (rating 1: .57; $t(20) = 1.48$; $p = .153$), whereas accuracies for the remaining

awareness levels were as follows: rating 2 = .55, rating 3 = .68 and rating 4 = .63 (see Table 2 and Fig. 12c).

Identification accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model, Mask Organization and Awareness being introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,417) = 2.10, p = .064$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,417) = 9.33, p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,417) = 0.83, p = .645$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, which did not produce any significant effect.

Therefore, a stimulus presentation of 53 ms produced a divergence in objective performances between the stimulus processing at *energy* versus *feature levels*. Whereas this target duration produced an abrupt increase in accuracy performances at stimulus *energy level* (i.e., detection task) from rating 1 (*no perception*) to the other awareness categories, feature identification performances were very low across all awareness categories. Thus, at this stimulus duration a particular scenario seems to emerge: Detection accuracies showed that target localization was accomplished easily, whereas feature identification remained very challenging. Accordingly, it may be possible that at this target duration, reported subjective awareness were influenced to some extent by subjective perceptions associated with the lower-level (detection) task.

In line with the results from Experiment 4, accuracy was above chance level for stimulus detection when observers reported *no perception* of the stimulus (rating 1), but they were at chance level for the identification of target features. These results suggest

that stimulus detection but not identification is influenced by unconscious processing of the target at target presentations of 53 ms and below.

5.3.3. Experiment 6: Target duration of 80 ms

5.3.3.1. Method

5.3.3.1.1. *Participants*

Twenty-one students (17 women, age range = 19–53 years, $M = 33$; $SD = 12.3$) from the UNED took part in the experiment. All of them had normal or corrected-to-normal vision and received course credits for their participation. These participants had previously participated in Experiment 3 (target presentation of 40 ms) in Study 1.

5.3.3.1.2. *Stimuli and apparatus*

Stimuli and apparatus were identical to those used in Experiments 1 and 2.

5.3.3.1.3. *Procedure and design*

The procedure and design were identical to Experiments 4 and 5, with the exception that the target was presented for 80 ms.

5.3.3.2. Results and discussion

5.3.3.2.1. *Subjective awareness*

A target duration of 80 ms produced a marginal use of *no perception* reports (rating 1: 3% of the trials) whereas *clear perception* (rating 4) was the most used rating (46% of the trials) (see Table 2 and Fig. 12a). In addition, *almost clear perception* (rating 3) was significantly used in 30% of the trials, whereas *weak perception* was also frequently used (rating 2: 21% of the trials). Thus, intermediate ratings were reported in 51 % of the trials (see Fig. 12a and b).

A repeated-measures ANOVA on the mean use of awareness reports at different mask organizations was again conducted. Results showed that Mask Organization did not interact with Awareness ($F(7,131) = .37, MSE = 8.96, p = .912, \eta^2_p = .01$), suggesting that the different mask organizations did not produce different awareness distributions.

5.3.3.2.2. *Detection results*

Detection accuracy was significantly above chance level (.25) when participants reported *no perception* (rating 1: .54; $t(14) = 3.18; p = .007$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .96, rating 3 = .98, and rating 4 = .97 (see Table 2 and Fig. 12c).

Detection accuracies were analyzed using a linear mixed-effects model, Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed a significant effect for Mask Organization ($F(5,382) = 4.65, p < .001$), suggesting that different mask types produced different accuracy levels. The exploration of pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that differences in accuracies were observed between the 100% and 50% ($p = .047$), 60% ($p < .001$) and 70% ($p = .028$) organization masks. A significant effect for Awareness ($F(3,382) = 85.61, p < .001$) showed that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization interacted with Awareness ($F(15,382) = 3.19, p < .001$). Pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that all significant accuracy differences occurred exclusively at rating 1 (*no perception*). Specifically, 100% mask organization produced lower accuracy performances when compared to all other mask organizations (all $ps < .001$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness. Polynomial contrasts produced both a linear ($F(3,70) = 13.48,$

$MSE = .03, p < .001, \eta^2_p = .48$) and a quadratic ($F(3,70) = 23.07, MSE = .03, p < .001, \eta^2_p = .48$) trend. A visual inspection of detection performances across the awareness scales (Fig. 12c) showed an abrupt increase in accuracy levels from awareness rating 1 to awareness rating 2, thus following a non-gradual pattern.

5.3.3.2.3. Identification results

Identification accuracy was above chance level (.50) when participants reported *no perception* (rating 1: .67; $t(14) = 2.89; p = .012$), whereas accuracies for the remaining awareness levels were as follows: rating 2 = .76, rating 3 = .91 and rating 4 = .91 (see Table 2 and Fig. 12c).

Identification accuracies were also analyzed using a linear mixed-effects model in order to avoid listwise deletion of missing values. Mask Organization and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Results showed no significant effect for Mask Organization ($F(5,382) = 0.88, p = .495$), indicating that different mask types did not produce different accuracy levels. A significant effect for Awareness ($F(3,382) = 24.30, p < .001$) suggested that different awareness categories produced different accuracy levels, whereas Mask Organization did not interact with Awareness ($F(15,382) = 1.06, p = .391$). Individual mean accuracies at each awareness rating were subjected to a one-way ANOVA in order to conduct trend analyses for Awareness, which showed that accuracy levels increased linearly across the awareness scale (linear trend: $F(3,70) = 16.20, MSE = 0.04, p < .001, \eta^2_p = .20$). Therefore, a longer target presentation of 80 ms was associated with a linear increase in identification accuracies.

Here, a stimulus presentation of 80 ms also showed a divergence in objective performances between the stimulus processing at *energy* versus *feature levels*. Whereas

this target duration was linked to an abrupt increase in accuracy performances at stimulus *energy level* (i.e., detection task) from rating 1 (no perception) to the other awareness categories, identification performances increased following a linear pattern.

Additionally, Mask Organization factor was significant for the detection task, suggesting a lower accuracy performance for 100% mask organization. Mask Organization \times Awareness interaction showed that lower accuracy performances were all produced at rating 1 (*no perception*). Specifically, the most organized mask (100%, which formed vertical or horizontal line patterns) produced a stronger masking of the stimulus as suggested by significantly lower detection accuracy performances.

5.3.4. Study 2: Interim discussion

When *I-shaped* and *H-shaped* targets were presented for 27 ms (Exp. 4), visibility of the targets was very restrictive, as shown by a predominant use of *no perception* (rating 1: 51% of trials), and *weak perception* (rating 2: 39% of the trials) reports. The total number of intermediate ratings did not reach half of the reports (47%) for this target presentation. A target presentation of 53 ms (Exp. 5), on the other hand, produced a very high number of intermediate awareness ratings (74% of the trials), both *weak* (rating 2: 48% of the trials) and *almost clear* (rating 3: 26% of the trials) perceptions being used in a significant number of trials. Finally, *clear perception* (rating 4) was the most used rating (46% of the trials) at the longest target duration of 80 ms (Exp. 6), but *almost clear* (rating 3) and *weak* (rating 2) perceptions were very frequently used (30% and 21% of the trials, respectively) (see Table 2 and Fig. 12a and b).

Objective detection performance showed that a target presentation of 27 ms was too restrictive for producing a linear increase in accuracies across awareness categories,

whereas the longer target durations of 53 and 80 ms produced a dichotomous, non-linear increase in accuracies. On the other hand, identification performances showed that the target presentations of 27 and 53 ms were too restrictive for producing any increase in accuracies across awareness categories, yet accuracies increased following a linear pattern at the longer SOA of 80 ms (see Table 2 and Fig. 12c). Thus, here we found a divergence of objective accuracy performances as a factor of target duration for detection and identification tasks. In addition, when the target was presented for an intermediate duration of 53 ms (Exp. 5), a particular scenario emerged: target localization was easy, whereas feature identification was very challenging. Thus, it may be possible that at this intermediate target duration, reported subjective awareness was influenced to some extent by subjective perceptions associated with the lower-level (detection) task.

Even though any particular comparison between experiments should be cautiously interpreted, as the experimental design in the present study was between-subject, it could be proposed that different awareness rating ranges map differently between experiments. For example, when looking to detection accuracies between Experiment 4 and Experiment 5, it could be suggested that 1–2 ratings in Experiment 5 map onto the range of 1–4 ratings in Experiment 4. However, this scenario would require similar detection accuracies for rating 4 (Exp. 4) and rating 2 (Exp. 5) and the same non-linear trend for both detection and identification accuracies in Experiment 5. Very low detection accuracies at rating 4 (Exp. 4) and low identification accuracies across all awareness ratings (i.e., in the 1–4 range) in Experiment 5 seem to argue against different awareness ratings mapping into different awareness ranges between these experiments.

Overall, results in Study 2 suggest that detection performances are very sensitive to small variations in stimulus presentations, in line with the results in Study 1. Interestingly, both subjective and objective awareness measures suggest that stimulus processing at the *feature level* may follow a graded pattern at longer stimulus presentations (target presentation of 80 ms).

In addition, accuracy levels were above chance level for stimulus detection when observers reported *no perception* of the stimulus (rating 1) at both 27-ms and 53-ms target presentations, but they were at strict chance level for the identification of target features. This suggests that stimulus detection but not identification is influenced by unconscious processing of the target at stimulus durations of 53 ms and below.

In line with the results in Study 1, different mask organizations did not produce either different awareness distributions or accuracy levels across the three different target durations (with the exception of detection accuracies at the longest target duration of 80 ms for the 100% mask). Overall, mask organization results in Study 2 suggests that, even though the masking design was successful in producing different awareness levels (as shown by both subjective and objective awareness measures), each mask organization was not associated with specific awareness levels.

5.4. Combined analyses of Experiments 2 and 4

With the intention to explore differences in the distribution of the awareness ratings between Experiment 2 and Experiment 4, which shared the same target duration of 27 ms and the same group of participants but involved different tasks, a 2 (Experiment: 2 vs. 4) \times 6 (Mask Organization: 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%) \times 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated measures ANOVA was conducted (due to the different

number of trials in Exps. 2 and 4, number of trials was transformed to percentage of trials). Results showed a significant main effect for Awareness ($F(3,66) = 13.76$, $MSE = 13841.31$, $p < .001$, $\eta^2_p = .38$), which indicated that the different ratings were not uniformly used. Importantly, a significant Experiment \times Awareness interaction ($F(3,66) = 3.87$, $MSE = 3944.42$, $p = .032$, $\eta^2_p = .15$) suggested differences in the awareness reports distributions between studies (see Figs. 11 and 12). Pairwise comparisons (applying Bonferroni correction) showed significant differences between experiments in the use of rating 1 ($p = .019$; fewer no perception reports in Exp. 2) and rating 3 ($p = .038$; fewer almost clear reports in Exp. 4), but not in the use of rating 2 ($p = .446$) and rating 4 ($p = .263$). In addition, a significant three-way interaction ($F(15,330) = 2.73$, $MSE = 78.19$, $p = .014$, $\eta^2_p = .11$) suggested that the use of awareness ratings between experiments varied as a function of the organization of the masks. Pairwise comparisons (applying Bonferroni correction) showed that significant differences between experiments in the use of rating 1 occurred at all mask organizations (all $ps < .05$) except for 80 % ($p = .054$) and 100% ($p = .138$) masks, whereas significant differences between experiments in the use of rating 3 occurred at all mask organizations (all $ps < .05$) except for 100% ($p = .138$) mask. All other interactions were non-significant.

Thus, since experiments in Study 1 involved only a detection task whereas experiments in Study 2 also involved an identification task, it could be argued that a criterion shift may have occurred in the use of the subjective awareness scale between studies. Furthermore, the targets presented in the two studies were different. When the task included target identification of *I* and *H-shaped* targets (Exp. 4), we found a significant increase in *no perception* (rating 1) reports, which might be explained due to differences in target attributes (i.e., spatial frequency, contrast, saliency). Additionally,

the identification task involved further attentional demands in order to discriminate target features, which might be responsible for the significantly fewer reports of *almost clear perceptions* (rating 3) in Experiment 4. Thus, differences in the awareness rating distribution between experiments may suggest that the use of awareness scales could be affected by criterion shifts due to task demands.

5.5. General discussion

In the present study, we conducted a series of experiments in order to explore the nature of visual awareness at the low end (i.e., *energy* and *feature levels*) of the stimulus-processing hierarchy. Whereas previous studies have used a wide range of target durations (Anzulewicz, Asanowicz, Windey, Paulewicz, Wierzchoń, & Cleeremans, 2015; Binder et al., 2017; Windey, Gevers, & Cleeremans, 2013) or SOAs (Kiefer & Kammer, 2017) in order to study the *emergence* of visual awareness for increasing stimulus intensities, here we intended to explore the graded or dichotomic nature of visual awareness at specific target durations. With this intention, we used a novel masking design that manipulated the regularity of the mask in order to produce different awareness levels at specific target durations. Even though each mask organization did not produce a specific awareness state associated with it (except for detection accuracies when participants reported no perception at the longer target duration of 80 ms), the masking design proved successful in producing different awareness levels at different target durations¹⁵.

¹⁵ Informal tests conducted before the formal experiments were done presenting the mask in a sequential order (from most to less organized), which seemed adequate in producing specific awareness states associated with each mask organization, the sequential design possibly

According to our predictions, if visual awareness at stimulus *energy* and *feature levels* is graded, we would expect a significant number of intermediate awareness ratings across the different target durations used in our study. Consistent with this, we found that intermediate ratings were used in more than 50% of the trials in Experiment 2 (62% of trials), Experiment 3 (59% of trials), Experiment 5 (74% of trials), and Experiment 6 (51% of trials). More specifically, *weak perception* (rating 2) was significantly used in 25% or more of the trials in Experiment 2 (44%), Experiment 3 (25%), Experiment 4 (39%), and Experiment 5 (48%), whereas it was very frequently used in Experiment 1 (22.5%) and Experiment 6 (21%). *Almost clear perception* (rating 3) was used in a significant number of trials in Experiment 3 (34%), Experiment 5 (26%), and Experiment 6 (30%), whereas it was very frequently used in Experiment 2 (18%). Importantly, objective accuracy performances showed that a target presentation of 27 ms (Exp. 2) produced a linear increase in detection accuracies across the awareness-scale categories, whereas a stimulus duration of 80 ms showed a similar linear increase in identification accuracies. Thus, the results from both subjective-awareness measures and objective accuracy performance suggest that visual awareness may be graded at stimulus *energy* and *feature levels* (see Anexo I for Supplementary Materials)¹⁶.

Additionally, accuracy results for the detection task suggest that objective detection performance is very sensitive to small changes in target durations at stimulus

facilitating this association. Masks in the formal experimental sessions, however, were randomly presented in each trial, a randomization that might blend together different masking strengths (random variations in alertness across trials should be also taken into account).

¹⁶ In order to explore whether practice effects were having some influence in the observed results, we conducted further analyses for awareness rating distributions and objective accuracy performances between experimental blocks at each experiment. These further analyses are presented in the Supplementary Material (Anexo I), and argue against practice effects influencing or explaining the obtained pattern of results.

energy level, which is not accompanied by subjective awareness experiences. Indeed, a stimulus presentation of 27 ms (Exp. 2) produced a proportional (i.e., linear) increase in accuracies at increasing awareness levels, whereas all target presentations longer than 27 ms (Exps. 3, 5, and 6) produced an abrupt, non-linear increase in accuracy levels from rating 1 (*no perception*) to rating 2 (*weak perception*). This pattern is in line with previous results showing that subjective awareness increases more slowly than objective accuracy levels (Sandberg, Bibby, Timmermans, Cleeremans, & Overgaard, 2011). Interestingly, the abrupt increase in accuracies was in all cases observed when moving from rating 1 (*no perception*) to rating 2 (*weak perception*). Whereas previous evidence using increasing stimulus intensities have shown that the PAS scale is the most exhaustive subjective measure for capturing participants' relevant subjective experiences (see Overgaard & Sandberg, 2012, for a review), here, the observed pattern of results for the detection task opens an interesting question for future research. Specifically, elucidating whether the introduction of further scale steps between *no perception* and *weak perception* ratings (such as “edge of visibility” or “barely visible”) would produce a more exhaustive subjective scale, as measured by subjective reports-objective accuracy correlations, may yield interesting results. On the other hand, detection accuracy was also sensitive to the shape of the target, as shown by the dissociation in the pattern of results for the same participants in the detection of *light squares* (Exp. 2) and *I-shaped* and *H-shaped* targets (Exp. 4) at the same target duration of 27 ms. In Experiment 2, accuracies were significantly different at each awareness category and increased following a linear trend, whereas in Experiment 4 accuracies were low at all awareness categories. It is noteworthy that the shape of *light squares* and the *I-shaped* and *H-shaped* targets differed in some crucial attributes (i.e., spatial frequency, contrast, and degree of organization). In addition, the *light square* had both

interior and exterior edges, producing a more salient shape than the *I-shaped* and *H-shaped* targets. Therefore, the different mask patterns may have disrupted target detection differently, all the factors above possibly influencing detection accuracy performances between experiments. Interestingly, results in the present study seem to converge with previous studies by Uttal (1975, 2014) showing that the detection of dotted forms may be influenced by the degree of organization of the figure: regular forms (such as a square) are better detected than irregular forms (such as a parallelogram), and also that most organized forms are better detected than less organized forms.

Identification of *I-shaped* and *H-shaped* targets showed that a target presentation below 53 ms (i.e., 27 ms and 53 ms) was too short for producing any increase in accuracies across awareness categories (accuracy levels did not exceed 68% performance in any of the awareness categories of this two experiments, see Table 2b and Fig. 12c), thus suggesting a divergence of objective accuracy performances as a factor of target duration for detection and identification tasks. Consistent with previous findings (Grill-Spector & Kanwisher, 2005; Kiefer & Kammer, 2017; VanRullen, & Thorpe, 2001), the presence of a stimulus seems rapidly accessible to consciousness, while additional discrimination or identification processes require crossing significantly higher awareness thresholds. In this regard, Koivisto, Grassini, Salminen-Vaparanta, and Revonsuo (2017) recently conducted an event-related potential (ERP) study that examined basic detection and more complex identification processes. Their results showed that conscious detection specifically modulated ERP activity between 200 and 300 ms, whereas conscious identification was associated with widespread cortical activity from 400 ms onwards. There is also some functional magnetic resonance (fMRI)

evidence pointing towards an early involvement of early posterior visual areas in rapid stimulus detection, while further identification processes involve the recruitment of additional brain regions within the ventral stream and the fronto-parietal network (Zachariou, Klatzky, & Behrmann, 2014; see also Straube & Fahle, 2011). According to the proposal by Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, and Sergent (2006), weak strength stimuli are processed in extrastriate cortices, whereas activation spreads to fronto-parietal networks for those stimuli that are sufficiently strong. Therefore, very short stimulus presentations in our study may have activated early visual areas, which might be enough for basic level processing. Instead, longer stimulus presentations would be needed to discriminate between meaningful stimuli. Thus, from a methodological point of view, the introduction of the same SOA range in the exploration of visual awareness at both low- and higher-level tasks may introduce a confound in the observed results, since stimulus low-level processing (i.e., presence/absence, detection) shows a much shorter awareness threshold combined with a high sensitivity to small changes in target presentation times. Interestingly, accuracy levels were above chance level for stimulus detection when observers reported *no perception* at both SOA 27 ms (Exp. 4) and 53 ms (Exp. 5) (and also in Exps. 1, 2, and 3), but they were at strict chance level for the identification of target features in these two experiments. This suggests that stimulus detection but not identification is influenced by unconscious processing of the target at SOAs 53 ms and below.

Looking at subjective awareness distributions in the two different studies, it may be argued that participants used the subjective rating scales rather differently depending on task demands. On the one hand, the objective task differed between experiments: In Study 1 participants performed a detection task, whereas the main task in Study 2 was

the feature identification task, even though participants also indicated the location of the target. Thus, the criterion contents for reporting awareness levels may have changed according to the criterion contents used in the objective task, from *clarity* being associated with the detection of the target to clarity being associated with the identification of stimulus features (Bachmann, 2015; Sackur, 2013). Significant differences in awareness distributions between Experiments 2 and 4 (same stimulus duration and group of participants but involved different tasks) seem to suggest that this criterion shift may have occurred. Indeed, the identification task involved further attentional demands that are not needed for a mere detection of the stimulus. This attention to target features seems to specifically affect the *almost clear perception* (rating 3), suggesting that a more degraded version of the stimulus may be perceived when *almost clear* ratings are reported in the detection task. In addition, a deeper look at different awareness distributions in Study 2 shows that, when visibility of the target was very restrictive (Exp. 4, very low detection and identification performances across the awareness scale), *clear* and *almost clear* ratings were still used (the same pattern was observed at the restrictive Exp. 1 condition). This suggests that some participants might show a tendency to use all available categories when presented with a four-point scale. Furthermore, when the target was presented for an intermediate duration of 53 ms (Exp. 5), a particular scenario emerged: target localization was easy, whereas feature identification was still very challenging. Thus, at this intermediate target duration, subjective awareness distribution may have been critically influenced by subjective perceptions associated with the lower-level (detection) task.

We consider that criterion-shift confounds should be carefully taken into account in future research on the *levels of processing* framework, as participants may recalibrate

the meaning of the different awareness categories according to task demands. Note that, consistent with previous studies (Anzulewicz et al., 2015, Binder et al., 2017; Windey et al., 2013), in the present study the instructions for the PAS scale were identical for both the lower-level (detection) and the higher-level (feature identification) tasks. The absence of specific instructions on the use of the awareness scale at different levels of stimulus processing, however, may lead to criterion confounds, as some participants in the lower-level task may report their awareness of the stimulus according to both lower (i.e., location) and higher (feature, identity) levels of processing (e.g., reporting *clear perception* only when clearly perceiving both the location and the identity of a target), whereas other participants may report their awareness of the stimulus based only in a lower-level stimulus perception (i.e., when clearly perceiving the location, but without accessing higher features of the stimulus). Conversely, some participants in the higher-level task may show the inverse tendency, that is, to inform their awareness of the stimulus based in (or influenced by) the lower level of stimulus processing (i.e., location), while other participants may report their awareness of the target strictly based on the higher-level attributes of the stimulus (i.e., feature, identity). In order to overcome criterion criterion-shift confounds within the levels of processing framework, “clarity” at the different levels of stimulus processing should be exhaustively defined, and participants should be thoroughly instructed on the use of the awareness scale at the different levels of stimulus processing/tasks. Moreover, the exploration of PAS reports and accuracy performances at the individual level (see Supplementary Material) shows variability in both the use of the PAS scale and objective task performances. Further work is needed with a focus on this question and a larger sample size to establish the precise nature of the relationship between these measures.

Additionally, we found different scenarios where subjective ratings did not accord with objective performances (i.e., above-chance-level accuracies for *no perception* ratings, very high detection accuracies for *weak perception* ratings, or low detection and identification performances for *almost clear perception* ratings). The debate over subjective versus objective measures of awareness has a long history within consciousness research (Merikle, Smilek, & Eastwood, 2001; Persuh, 2018), and it seems that the two different measures reflect different aspects of the processing of stimulus information depending on task demands. When participants report their subjective awareness (e.g., PAS scale), they seemingly report on the quality of their subjective experience (Sandberg et al., 2010). However, it has been also proposed that PAS ratings do not reflect direct reports on visibility, but should rather be interpreted as an awareness of the fact of seeing (i.e., a metacognitive measure of awareness; Wierzchoń, Paulewicz, Asanowicz, Timmermans, & Cleeremans, 2014). Metacognition refers to the ability of humans to evaluate their own internal cognitive processing (Fleming & Lau, 2014), and relationship between metacognitive judgments and perceptual awareness are a current matter of debate (Maniscalco, Peters, & Lau, 2016). Evidence shows that, whereas perceptual decisions are equally driven by response-congruent and response-incongruent evidence, confidence levels are largely insensitive to the level of response-incongruent evidence (Maniscalco et al., 2016; Zylberberg, Bartfeld, & Sigman, 2012). In addition, studies on confidence and perceptual decisions have presented evidence of dissociations between confidence ratings and accuracy, correct responses being systematically observed at low confidence levels whereas incorrect responses are observed at very high confidence levels (Graziano & Sigman, 2009). In our opinion, the extent to which perceptual awareness scales (e.g., PAS) measure the quality of subjective experiences, and to which extent these ratings are

influenced by metacognitive or confidence judgments is an important question for future research. In addition, the analysis of objective measures of awareness might benefit from the introduction of forced-choice paradigms that allow the calculation of signal detection theory (SDT) measures, thus teasing apart participants' sensitivity from response bias (Fleming & Lau, 2014).

5.6. Conclusions

In sum, our results show that visual awareness at *energy* and *feature levels* of stimulus perception may be graded at specific individual target durations, which provides new evidence within the *levels of processing* framework (Windey & Cleeremans, 2015). Furthermore, we found a divergence in the results for detection and identification processes. Since the stimulus presence at the energy level is rapidly accessible to consciousness, a short target presentation (or target presentation range) should be preferred when studying the nature of the emergence of visual awareness at the lowest level, as accuracy levels are very sensitive to small changes in stimulus duration. Conversely, studies designed to examine more complex stimulus discrimination or identification processes would benefit from using longer stimulus durations.

Overall, the results of the present study are consistent with previous studies (Del Cul et al., 2007; Kiefer & Kammer, 2017; Overgaard et al., 2006; Windey & Cleeremans, 2015) in emphasizing that visual awareness might be highly dynamic, crucially depending on experimental factors such as task (detection vs. identification) and stimulus characteristic (i.e., energy, feature, meaning). Finally, and in order to overcome criterion-shift confounds within the levels of processing framework, “clarity”

at the different levels of stimulus processing should be exhaustively defined, and participants should be thoroughly instructed on the use of the awareness scale and the meaning of “clarity” at the different levels of stimulus processing or tasks.

Acknowledgements We would like to thank Dr. Antonio Prieto for his help and useful comments on mixed model analyses.

Capítulo 6.

Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing

Jimenez, M., Grassini, S., Montoro, P. R., Luna, D., & Koivisto, M. (2018). Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing.

Neuropsychologia, 121, 144-152.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.11.001>

Abstract

A crucial view in the graded vs. dichotomous debate on visual awareness proposes that its graded or dichotomous nature may depend on the depth of stimulus processing (or *level of processing*) associated to the experimental task. In the present study, we explored the behavioral patterns and neural correlates of different degrees of awareness associated to different depths (i.e. low vs. high) of stimulus processing. The low-level stimulus condition consisted of detecting the location of the target based on its brightness characteristics, whereas the high-level stimulus condition consisted of identifying which of four possible targets (numbers/letters) had appeared. Behavioral results showed that both subjective ratings of awareness and accuracy levels increased linearly as a function of awareness and independently of the level of stimulus processing. Additionally, the electrophysiological recordings revealed two correlates of visual awareness: enhanced posterior negativity in the N200 time window (VAN, *visual awareness negativity*) and enhanced positivity in the P3 time window (LP, *late positivity*). Interestingly, we found evidence of awareness levels modulating N200/VAN amplitudes in a graded manner only for the low-level task, whereas P3/LP amplitudes were modulated in a graded manner for both low and high-level tasks. The finding that the early posterior correlate of visual awareness (VAN at 150–250 ms) was sensitive to level of processing is consistent with task effects occurring in the visual cortex and supports the view that it is mediated by attention to task-relevant features. The amplitudes of P3/LP in both tasks correlate more directly with graded awareness and behavioral accuracy.

Keywords: Awareness – Consciousness – Graded – EEG – ERP –

6.1. Introduction

A recent approach within consciousness research tries to understand the fundamental nature of visual awareness, the subjective experience of seeing. Whereas some studies suggest that visual awareness is an all-or-none phenomena (Asplund et al., 2014; Del Cul et al., 2007; Sergent and Dehaene, 2004; Sekar et al., 2013), others propose that it develops gradually through different degrees of subjective awareness (Overgaard et al., 2006; Pretorius et al., 2016; Ramsøy and Overgaard, 2004; Seth et al., 2008). Interestingly, while some of the experiments in search of the neural correlates of consciousness (NCC, or the minimum neural mechanisms sufficient for a specific conscious percept; Koch et al., 2016) contrasts the ERPs associated to “seen” vs. “not seen” conditions, research on the graded vs. all-or-none nature of awareness tries to capture observers’ intermediate awareness experiences by using more exhaustive report measures which introduce different visibility categories such as “brief glimpse” or “almost clear experience”. Commonly, a four-point scale (PAS, *Perceptual Awareness Scale*; Ramsøy and Overgaard, 2004) is considered the most exhaustive measure for capturing different degrees of visual awareness as well as producing a good correlation between performance and awareness (Pretorius et al., 2016; Sandberg et al., 2010).

However, few are the studies which have used subjective visibility scales to explore the neural underpinnings of different degrees of visual awareness. Tagliabue et al. (2016) recently conducted a study to explore ERPs in response to reduced contrast visual stimuli, where participants had to judge the brightness of the stimuli (light vs. dark) and then qualitatively rate their visual experiences in a 4-point awareness scale. Consistent with previous findings on the NCC (Del Cul et al., 2007; Koivisto and Grassini, 2016; Koivisto et al., 2017; Koivisto et al., 2016; Rutiku et al., 2016), their

ERP results revealed two electrophysiological components correlating with visual awareness: a negative early deflection (also termed *visual awareness negativity*, VAN) peaking at 280–320 ms at lateral, parietal and central sites in the left hemisphere, followed by a bilateral positive deflection (*late positivity*, LP) peaking at 510–550 ms over all electrodes. Moreover, the amplitude of both deflections gradually increased as a function of visual awareness, thus the authors concluded that visual perceptual experience is characterized by a gradual increase in awareness at both behavioral (accuracies) and neural (amplitudes) levels.

A crucial view in the graded vs. dichotomous nature of visual awareness proposes that its graded or dichotomous nature may depend on the depth of stimulus processing (or *level of processing*) associated to the experimental task (Kouider et al., 2010). According to this view, a “higher-level” stimulus processing (such as the perception of letters, words or meaning) would produce more dichotomously distributed subjective experiences, while a “lower-level” stimulus processing (i.e., the perception of the stimulus at its basic energy or feature levels) would yield a more graded emergence of visual awareness (Windey and Cleeremans, 2015). Previous behavioral studies have used lower vs. higher-level stimulus processing and found some evidence supporting this interpretation (Anzulewicz et al., 2015; Windey et al., 2013). Recently, an fMRI study (Binder et al., 2017) found that the manipulation of levels of processing influenced brain activity in posterior visual areas, suggesting that the level of processing effect on awareness may be mediated by an attentional top-down modulation of activity in visual regions.

Yet, to our knowledge, no previous study has comprehensively explored the ERP correlates of different degrees of awareness associated to different depths (i.e. low vs.

high) of stimulus processing. In the present work, we explored and compared the ERPs associated to different degrees of awareness at both low and high-level stimulus processing conditions. In the detection task, participants had to report in which of the four quadrants the target had appeared, a low-level task that could be accomplished based on the low-level features of the targets (i.e. luminance differences between target and background). In the identification task, the observers had to inform which of the four targets had appeared, a higher level task that was based on higher level stimulus characteristics (i.e. at letter/number level of representation; Kouider et al., 2010). In order to produce different visibility levels, we manipulated the strength of the masking by varying the stimulus-mask onset asynchrony (SOA) as well as the mask's degree of organization. This experimental design has been recently successful in producing different subjective awareness at individual SOAs (Jimenez et al., submitted for publication), following the evidence which suggest a link between the global regularity of the mask and the masking strength (Ghose et al., 2012; Hermens and Herzog, 2007). Subjective awareness of the target was reported on a 4-scale rating scale adapted from the PAS scale (Ramsøy and Overgaard, 2004). The four possible ratings were: 1) *no perception*, 2) *weak perception*, 3) *almost clear perception*, and 4) *clear perception*.

Following previous EEG evidence (Tagliabue et al., 2016), and in accordance with the levels of processing hypothesis (Windey and Cleeremans, 2015), we expected low-level stimulus perception (i.e. detection task at stimulus energy level of representation) to produce a significant number of intermediate subjective awareness ratings, a gradual increase in accuracy levels across the awareness scale, and a linear increase in ERP amplitudes as a function of the degrees of awareness. On the other hand, we expected higher-level stimulus processing (i.e. identification of letters/numbers) to

produce a more dichotomously distributed subjective awareness ratings and accuracy levels and, crucially, a non-linear increase of the ERP amplitudes as a function of the degrees of awareness.

6.2. Methods

6.2.1. Participants

Sixteen right-handed students (9 women, age range = 20–34 years, $M = 25$; $SD = 4.38$) with normal or corrected-to-normal vision took part in the present study. The sample size was determined on the basis of our earlier studies that had used similar methods on studying electrophysiological correlates of visual awareness (Koivisto and Grassini, 2016; Koivisto et al., 2017). The experiment was conducted with the understanding and written consent of each participant, in accordance with the Declaration of Helsinki, and accepted by the ethics committee of the Hospital District of Southwest Finland.

6.2.2. Stimuli and apparatus

The stimuli were displayed on a 19-in. LCD monitor with a 75 Hz refresh rate, a 5:4 aspect ratio and a resolution of 1280×1024 controlled by a computer running E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools, 1996–2002). Viewing distance was approximately 150 cm.

The target stimuli were composed of a grid of 20×20 local elements (dots), each dot subtending a visual angle of 0.2° (see Fig. 13a). The target “6” was composed of fourteen clear dots (23.52 cd/m²), whereas the target “9” was generated by rotating the target “6” by 180°. The target “H” was composed of thirteen clear dots (23.52 cd/m²), whereas the target “I” was generated by rotating the target “H” by 90°. The widest side of all targets subtended a visual angle of 1.8°. Targets appeared in one of the four quadrants of the grid. The center of the target in each quadrant was at 2.8° from the center of the screen. In the center of the three quadrants where the target did not appear, a clear (23.52 cd/m²) dot appeared at 2.8° from the center of the screen. The remaining dots of the grid were of dark luminance (0.30 cd/m²). A number of catch trials (the grid with no target, see Fig. 13b) were introduced in order to verify that participants were correctly following the instructions, as well as to get “only-mask” ERP waves.

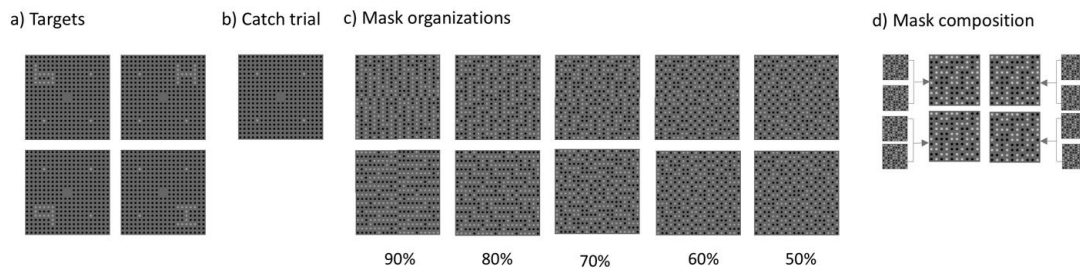


Fig. 13. a) Example of targets, b) catch trial, c) mask organizations and d) mask composition.

The masks were composed of a grid of 20×20 local elements (dots), half of them of clear luminance and the other half of dark luminance. There were five different mask types based on their degree of organization (90%, 80%, 70%, 60% and 50% organization). The organization of the masks was manipulated in both the vertical and

the horizontal axis: the most organized masks (90% organization) were arranged into columns and rows, where 90% of the dots (i.e. 18 out of 20) were of the same of the same luminance. More irregular masks were generated by introducing opposite luminance dots into each column/row: 80% organization masks had 80% same brightness dots in each column/row, 70% organization masks had 70% same brightness dots in each column/row, etc. Eventually, in the 50% organization mask, the different brightness dots were randomly distributed across the mask (see Fig. 13c). Each mask was created by gluing together four sub-masks randomly assigned to each quadrant of the stimulus (see Fig. 13d), a manipulation intended to create effective and homogenous masking conditions across all four grid quadrants. There were four different sub-masks to be assigned for each mask organization, two in the vertical axis and two in the horizontal axis. Therefore, there were twenty-four mask variations for each organization (90–50%) for a total of one hundred and twenty possible masks.

6.2.3. Procedure and design

Two tasks (detection and identification) were performed by participants in a counterbalanced order. In both tasks, each trial began with an initial (“ready?”) screen for 800 ms, after which a “3–2–1 countdown” followed. After that, a grey screen appeared for 200 ms (see Fig. 14), which was followed by the target (or a catch-trial). The targets were shown for 13 or 27 ms in the detection task and for 27 or 40 ms in the identification task. The target durations were based on informal pilot tests conducted prior to the formal experiments. Because the mask was presented immediately after the offset of the target, the target-mask stimulus onset asynchronies (SOAs) were 13 and 27 ms in the detection task and 27 and 40 ms in the identification task. Each target stimulus

appeared equally often, but in random order, in each four possible target locations and at each SOA. A control stimulus was used in 10% of the trials in both tasks, consisting of the targets being shown for a long duration of 107 ms. The target was followed by the mask for a variable duration (see Fig. 14a and b) to maintain the duration of the target-mask combination fixed at a duration of 706 ms. In the forced-choice detection task, participants indicated the target location by clicking with the mouse on one of the four possible quadrants that were displayed (see Fig. 14a). In the forced-choice identification task, participants indicated which of the targets had appeared by clicking with the mouse on one of the four horizontally-oriented rectangles (see Fig. 14b). The forced-choice task was followed by the subjective awareness screen, where participants indicated in both tasks their subjective awareness by clicking with the mouse on one of the four possible rating level alternatives. The names of the rating levels were displayed in four horizontally-oriented rectangles, which ranged from 1) *no perception* to 4) *clear perception*, being the intermediate options 2) *weak perception* and 3) *almost clear perception*. A blank, inter-trial screen then appeared for 800 ms. Each task started with a practice block of 8 trials followed by four blocks of 110 trials each, yielding a total of 440 experimental trials in each task, of which 100 were catch trials and 40 control trials.

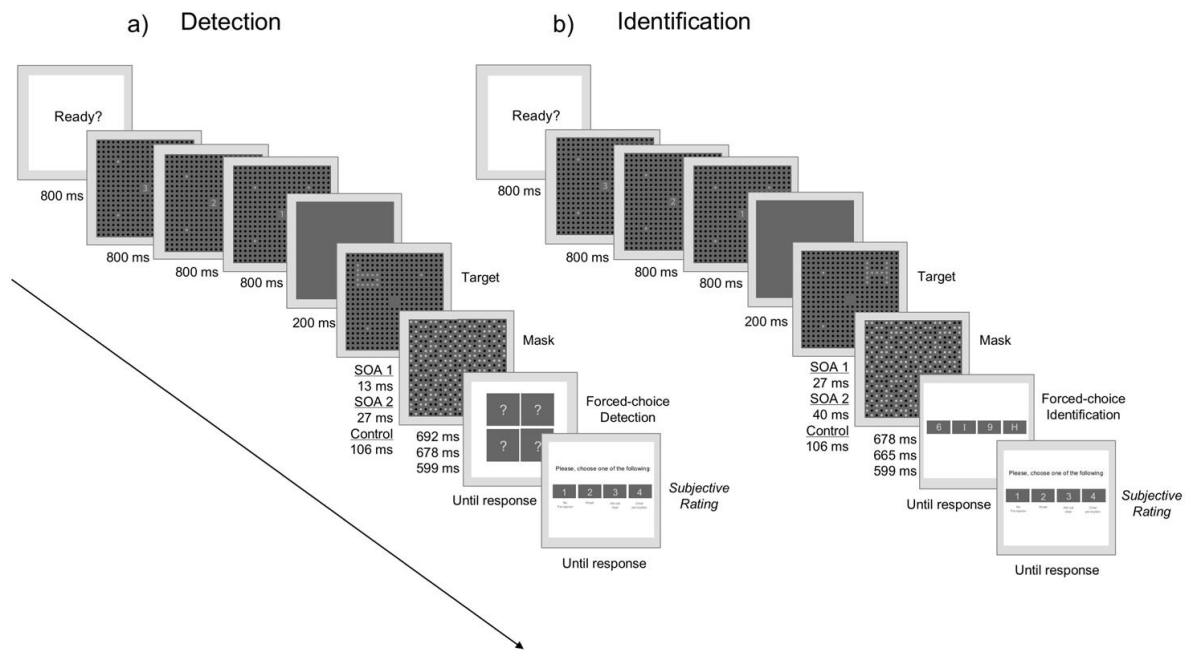


Fig. 14. Sequence of events: a) detection task, b) identification task.

6.2.4. EEG recordings and data analysis

The EEG signal was continuously recorded using a cap with sintered Ag/AgCl active electrodes (Easycap GmbH, Herrsching, Germany) from 64 scalp sites positioned according to the 10–10 electrode system. Data collection was carried out using NeurOne 1.3.1.26 software and Tesla #MRI 2013011 and #MRI 2013012 amplifiers (Mega Electronics Ltd, Kuopio, Finland). Signal was referenced online to Cz and the ground electrode was placed on AFz. Blinks and eye movements were monitored using four additional bipolar electrodes. The recording sampling rate was 500 Hz.

The processing of the EEG data was performed offline with the EEGLAB toolbox version 14.1.1 (Delorme and Makeig, 2004) using MATLAB scripts (v.

R2014b; The MathWorks, Inc., Natick, MA). Data were down-sampled to 250 Hz and high-pass filtered at 0.1 Hz, using a Hamming windowed-sinc FIR filter (EEGLAB function “pop_eegfiltnew.m”). Afterwards, a low-pass 30 Hz filter was applied in order to attenuate line noise, and eye channels were removed from the data. Artifacts in the continuous EEG recording and bad electrodes were then removed or attenuated using the Artifact Subspace Reconstruction method from the Clean Rawdata EEGLAB plugin (EEGLAB function “clean_rawdata”, Kothe, 2013; Piazza et al., 2016). Data were then re-referenced to the average of all the electrodes, and epoched (-300 to 800 ms from stimulus onset), then, baseline correction was applied from -200 to 0 ms before the onset of the stimulus. Segments containing artifacts were rejected (EEGLAB function pop_rejkurt.m). In order to identify and subsequently remove eye-blink, eye-movement, heart-beat artifacts and other non-neural activity in the data, the data were submitted to the extended Infomax independent component analysis (ICA, EEGLAB function “pop_runica.m”). ADJUST 1.1.1 (EEGLAB function “ADJUST.m”, Mognon et al., 2011; Pontifex et al., 2017) was used to identify and eliminate artefactual ICs. Finally, the bad electrodes were interpolated using spherical interpolation (EEGLAB function pop_interpolate.m).

In order to avoid target duration confounds in the analysis of the ERPs, only the data for identical physical stimulation (i.e. SOA 27 ms in both tasks) was analyzed. ERPs were averaged separately for each awareness rating at each SOA condition for both the detection and the identification tasks. Due to the small number of trials where participants used rating 4 (clear perception), awareness ratings 3 (almost clear perception) and 4 (clear perception) were pooled in both tasks. Therefore, three different ERPs were obtained at each SOA and task (i.e. ERP-1: no perception, ERP-2: weak

perception, ERP-3: almost clear/clear perception). Catch trials were averaged per SOA condition in each task, which produced mask-only ERPs. The mask-only ERP was subtracted from the averaged ERPs for each awareness condition at each SOA, producing a target-only ERP for each awareness rating (see Fig. 15). These ERPs were submitted to the statistical EEG analyses described in part 6.3.2.

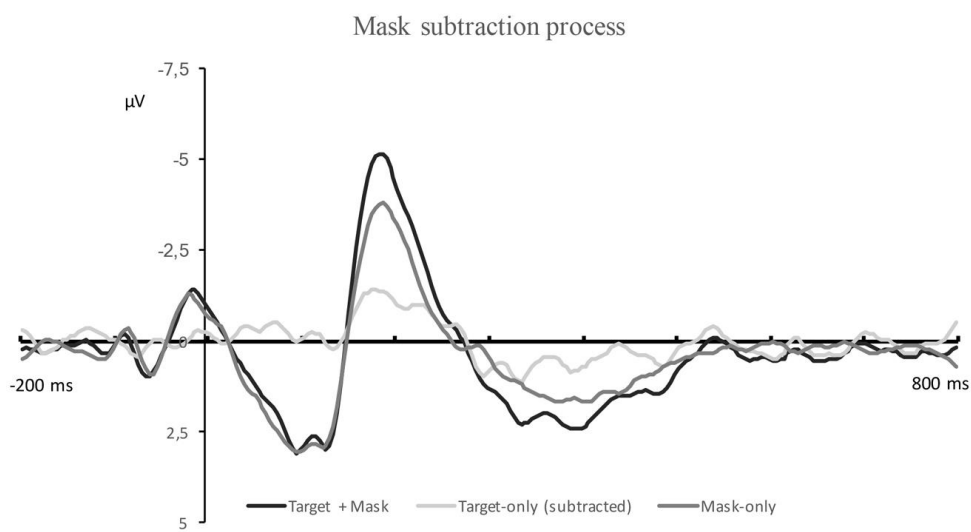


Fig. 15. Example of mask subtraction process in occipital electrode cluster at SOA of 13 ms in the detection task. In order to separate activity evoked by the target from activity evoked by the mask (i.e. target-only), mask-only waves were subtracted from target + mask waves at each SOA and task conditions.

6.3. Results

6.3.1. Behavioral

In the detection task, the distribution of awareness ratings concentrated in the *unaware end* of the scale¹⁷ in the shortest SOA of 13 ms (see Table 3 and Fig. 16a), whereas *intermediate ratings* were reported in 31% of the trials (see Fig. 16b). In the longer SOA of 27 ms, the different rating categories were more evenly used (see Table 3 and Fig. 16a), intermediate ratings being reported in 51% of the trials (see Fig. 16b). When catch-trials were presented, participants reported *no perception* (rating 1) in most of the trials (SOA 13 ms, 78% of the trials; SOA 27 ms, in 73% of the trials). The control stimulus (SOA of 106 ms), on the other hand, produced the expected pattern of *almost clear* and *clear perception* reports (rating 3 was used in 13% of the trials and rating 4 in 82% of the trials).

In the identification task, the distribution of awareness ratings skewed towards the *unaware end* of the scale at SOA of 27 ms (see Table 3 and Fig. 16c), while intermediate ratings were reported in 53% of the trials (see Fig. 16d). In the longer SOA of 40 ms, the distribution concentrated in the center of the scale (see Table 3 and Fig. 16c), *intermediate ratings* being reported in 67% of the trials (see Fig. 16d). When catch-trials were presented, participants reported *no perception* (rating 1) in most of the trials (SOA 27 ms: 84% of the trials; SOA 40 ms: 79% of the trials). The control stimulus

¹⁷ Note that we will refer to the *unaware end* of the scale as the aggregated ratings 1 and 2, *intermediate ratings* as the aggregated ratings 2 and 3 and the *aware end* of the scale as the aggregated ratings 3 and 4.

(i.e., SOA 106 ms), in contrast, produced the expected pattern of *almost clear* and *clear perception* reports (rating 3 was used in 18% of the trials, rating 4 in 76% of the trials).

Table 3. Use of awareness ratings (% of trials) and accuracy levels (proportion correct) at each awareness category in the detection and identification tasks.

Task	Awareness scale							
	<i>1-no perception</i>		<i>2-weak perception</i>		<i>3-almost clear</i>		<i>4-clear perception</i>	
	<i>Awareness</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Awareness</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Awareness</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Awareness</i>	<i>Accuracy</i>
Detect.								
13 ms	67%	.32	25%	.68	6%	.89	2%	.97
27 ms	38%	.35	30%	.79	21%	.95	11%	1.00
Identif.								
27 ms	41%	.25	36%	.48	17%	.78	6%	.94
40 ms	18%	.24	39%	.54	28%	.84	15%	.96

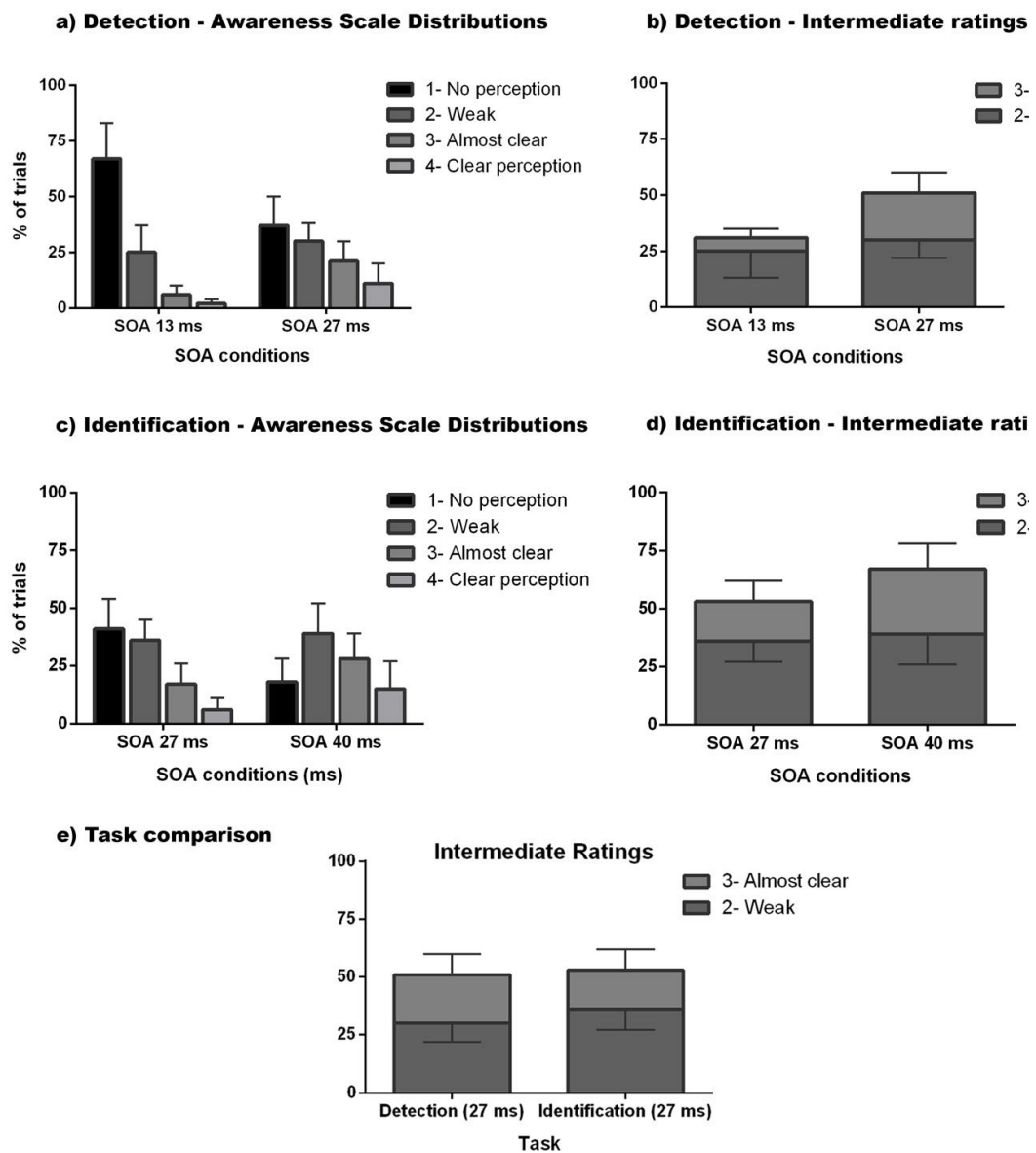


Fig. 16. Awareness distributions in detection and identification tasks: a) reported awareness ratings (% of trials) across SOA conditions (detection), b) intermediate ratings (% of trials) across SOA conditions (detection), c) reported awareness ratings (% of t trials) across SOA conditions (identification), d) intermediate ratings (% of trials) across SOA conditions (identification), e) intermediate rating comparison (% of trials) between tasks. Error bars represent standard deviations.

To explore differences in the distribution of the awareness ratings at the shared SOA of 27 ms between the two tasks, a 2 (Task: Detection vs. Identification) \times 4 (Awareness Rating: 1 *–no perception–*, 2 *–weak perception–*, 3 *–almost clear perception–* and 4, *–clear perception–*) repeated measures ANOVA and a further *t*-test on aggregated intermediate ratings were conducted. If the distribution of awareness ratings at the higher-level (i.e. identification) task followed a more dichotomous pattern, we would expect increased rating 1 (*no perception*) and rating 4 (*clear perception*) reports, and significantly fewer number of intermediate ratings (aggregated ratings 2 and 3). ANOVA results showed a significant main effect for Awareness Rating ($F(3,45) = 33.90$, $MSE = 642.01$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .69$), suggesting that the different ratings were not uniformly used (mean number of trials at each awareness category: rating 1 = 59, rating 2 = 50, rating 3 = 29, rating 4 = 12). A significant Task \times Awareness Rating interaction ($F(3,45) = 3.60$, $MSE = 162.24$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = .19$) suggested different awareness rating distributions between tasks. Post-hoc comparisons showed no differences between tasks for rating 1 (*no perception*; $p = .194$), only a marginal effect for rating 2 (*weak perception*; $p = .059$), no differences for rating 3 (*almost clear perception*; $p = .142$) and significant differences for rating 4 (*clear perception*; $p < 0.01$), being *clear perceptions* less reported in the higher level task (see Table 3). Further comparison with *t*-test for intermediate reports showed no significant differences for intermediate awareness ratings ($t(15) = -.541$; $p = .596$) (see Fig. 16e). Results overall suggest that awareness reports at the higher-level task did not follow a more dichotomous distribution.

In sum, the distribution of awareness reports in the detection task was concentrated in the *unaware end* of the scale for the shortest SOA of 13 ms, showing

that this condition very rarely produced almost clear or clear perception experiences. However, the longer SOA of 27 ms produced a significant number of *intermediate ratings*: ratings 2 and 3 were reported in 51% of the trials, which is in line with expected graded awareness experience for low-level stimulus processing. On the other hand, the distribution of awareness reports in the identification task showed a significant number of *intermediate ratings* at both the SOA of 27 ms (53% of the trials) and the SOA of 40 ms (67% of the trials). Furthermore, a between-task ANOVA at SOA 27 ms and a *t*-test showed that there were no significant differences for the mean use of intermediate awareness ratings between tasks. Contrary to the levels of processing predictions, here we found evidence that higher-level stimulus processing at word/letter level of representation produced a graded pattern of awareness.

In order to explore the relation between detection and identification accuracies and the subjective awareness of the stimulus, a one-way repeated measures ANOVA was conducted for accuracy levels at each category of the awareness scale at each SOA in each task. Results for the detection task showed that increasing visual awareness produced linearly increasing accuracy levels (SOA 13 ms: $F(3,33) = 76.94$, $MSE = 0.19$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .87$, linear trend $F(1,11) = 441.23$, $MSE = 0.01$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .97$; SOA 27 ms: $F(3,42) = 152.75$, $MSE = 0.01$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .91$, linear trend $F(1,14) = 877.03$, $MSE = 0.004$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .98$) (see Table 3 and Fig. 17a and b). Results for the identification task also showed that increasing visual awareness produced linearly increasing accuracy levels (SOA 27 ms: $F(3,45) = 139.44$, $MSE = 0.011$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.90$, linear trend $F(1,11) = 441.13$, $MSE = 0.010$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .97$; SOA 40 ms: $F(3,45) = 189.06$, $MSE = 0.01$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .93$, linear trend $F(1,15) = 635.58$, $MSE = 0.008$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .98$) (see Table 3 and Fig. 17c and d). In sum, accuracy

levels increased following a linear trend at stimulus lower level of representation (i.e. detection task), in line with the levels of processing hypothesis. In addition, accuracy levels also increased following a very clear gradual pattern at the letter/ number level of representation (i.e. identification task), results that did not follow the expected more dichotomous pattern of awareness at the higher-level of stimulus processing.

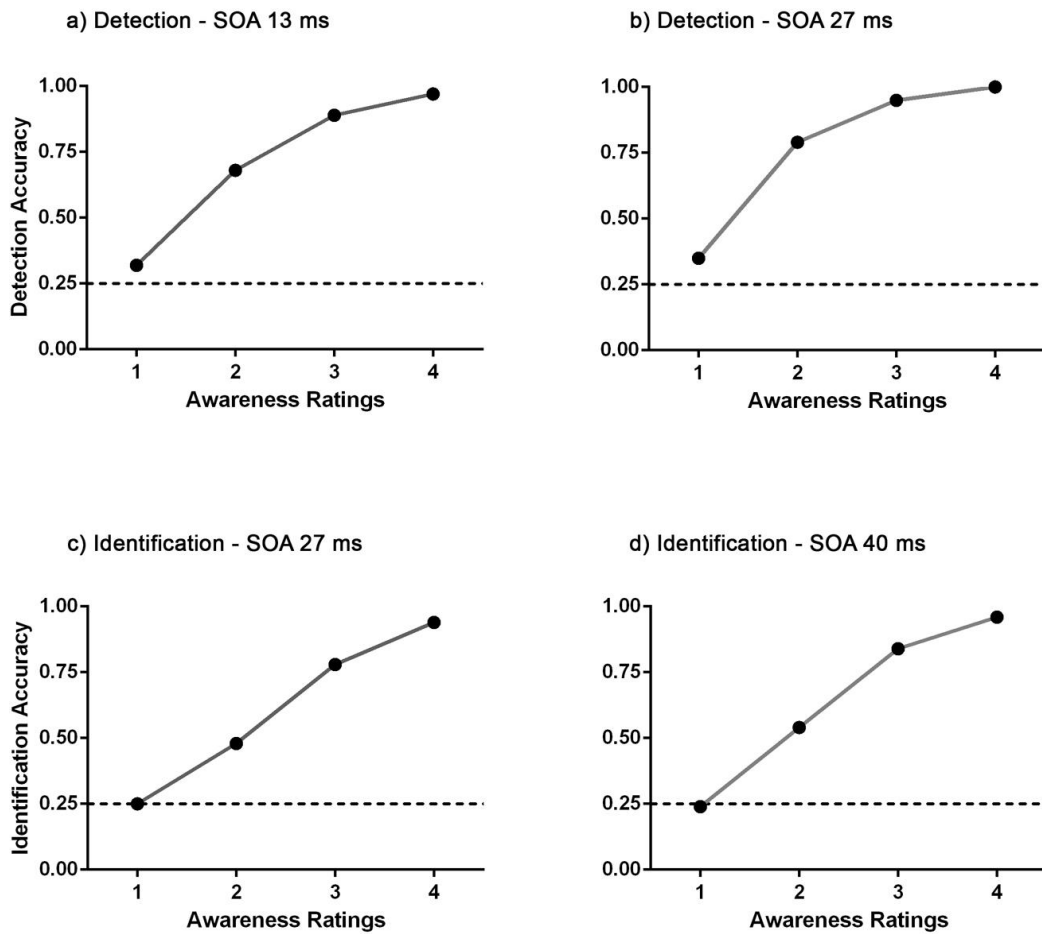


Fig. 17. Accuracy performances in detection and identification tasks: a) detection accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 13 ms), b) detection accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 27 ms), c) identification accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 27 ms), d) identification accuracies (proportion correct) at each awareness rating (SOA 40 ms). Chance level accuracy (.25) is shown as dotted lines.

6.3.2. EEG

Based on visual inspection of grand-average ERPs and their scalp maps, N200/VAN peaked in the 150–250 ms time-window in occipital electrodes (O1, O2, PO7, PO8) and P3/LP in the 350–450 ms time-window in parietal-occipital electrodes (P3, P4, PO3, PO4), as expected. Therefore, a 2 (Task: detection vs identification) \times 2 (Area: occipital vs parietal-occipital) \times 3 (Awareness: 1, 2 and combined 3–4) repeated measures ANOVA on the mean amplitudes (Fig. 18) was separately conducted for each time window.

6.3.2.1. 150–250 ms (N200/VAN)

In the VAN time-window, a main effect for Area [$F(1,15) = 30.38$, $MSE = 0.68$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .67$] showed that N200 peaked in occipital area. A main effect for Awareness, $F(2,30) = 21.16$, $MSE = 1.64$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .58$, indicated increasing negativity in amplitudes for increasing awareness. In addition, Area interacted with Awareness [$F(1,21) = 25.11$, $MSE = 0.36$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .63$], showing that increased negativity for increasing levels of awareness peaked at occipital cluster. Crucially, Task interacted with Awareness, $F(2,30) = 10.81$, $MSE = 0.61$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .42$, suggesting differences in the amplitudes associated to each awareness rating between tasks. Pairwise comparisons¹⁸ confirmed that the three awareness categories produced significantly different amplitudes in the detection task, being the amplitude associated to the combined ratings 3 and 4 significantly larger than the amplitude associated to rating 2 ($p < 0.01$) and rating 1 ($p < 0.001$), and the amplitude associated to rating 2 significantly larger than the amplitude associated to rating 1 ($p < 0.001$) (see Fig. 18).

¹⁸ All pairwise comparisons were conducted using Bonferroni correction.

In the identification task, significant differences were found between the amplitude associated to awareness ratings 1 and 2 ($p < 0.001$) and awareness rating 1 and combined ratings 3 and 4, but there were no differences in the amplitudes between awareness rating 2 and combined ratings 3–4, but there were no differences in the amplitudes between awareness rating 2 and combined ratings 3–4 ($p = 1.00$) (see Fig. 18). Thus, consistent with the levels of processing hypothesis, the low-level processing (detection task) linearly modulated the amplitudes at VAN time-window, whereas higher-level perception (identification task) produced a non-linear increase in the amplitudes associated to the different degrees of awareness.

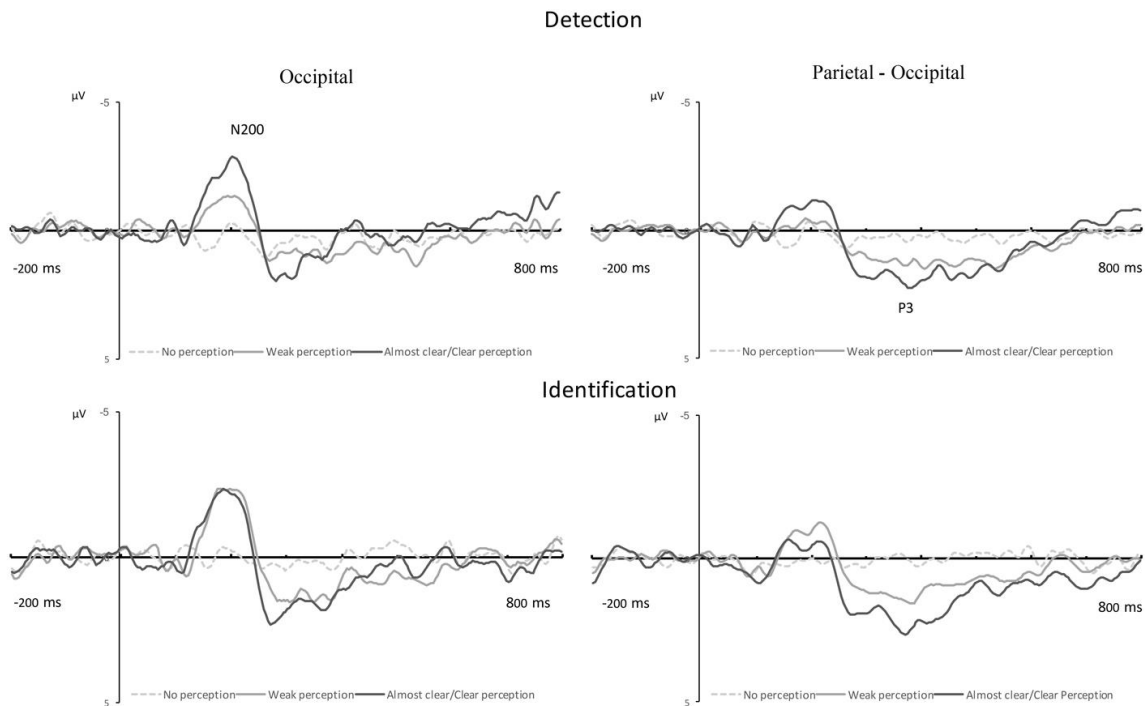


Fig. 18. ERPs related to the different awareness ratings in occipital (O1, O2, PO7, PO8) and parietal-occipital (P3, P4, PO3, PO4) electrodes for both detection and identification tasks at the matched SOA of 27 ms.

6.3.2.2. 350–450 ms (P3/LP)

In the LP time-window, a main effect for Area [$F(1,15) = 27.28$, $MSE = 0.60$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .64$] showed that P3 peaked in occipital-parietal area. A significant effect for Awareness, $F(1,20) = 15.38$, $MSE = 2.46$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.51$, showed that increasing awareness of the stimuli elicited larger positivity in the ERP amplitudes. In addition, Area interacted with Awareness [$F(2,30) = 33.48$, $MSE = 0.27$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .692$] showing that increased positivity for increasing awareness levels peaked at occipital-parietal cluster. Importantly, Task did not interact with Awareness ($F(2,30) = 2.05$, $MSE = 1.19$, $p = .146$, $\eta^2_p = .12$). A significant linear trend for Awareness [$F(1,15) = 16.92$, $MSE = 2.73$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .053$] showed that the amplitudes associated to the different degrees of awareness followed a linear increase in both the detection and the identification tasks (see Fig. 18), and therefore they correlated with the observed behavioral output (accuracy).¹⁹

6.4. Discussion

In the present study, we explored the behavioral patterns and neural correlates of different degrees of visual awareness associated to different depths (i.e. low vs. high) of stimulus processing. The low-level stimulus condition consisted of detecting the location of the target based on its brightness characteristics (i.e. stimulus detection at

¹⁹ In order to explore if the obtained results were influenced by the mask subtraction method, we conducted the same ANOVA analyses for the target + mask data. Statistical analyses showed the same pattern of results. In the VAN time-window, a main effect was found for Awareness [$F(2,30) = 33.183$, $MSE = 1.04$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.68$] and Task interacted with Awareness [$F(2,30) = 8.015$, $MSE = 0.40$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .35$]. Pairwise comparisons replicated the results obtained for the subtracted data. In the LP time-window, a main effect for awareness was found, $F(1,18) = 34.562$, $MSE = 1.47$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .70$, but no second order interaction. Again, a significant linear trend was found for Awareness [$F(1,15) = 38.626$, $MSE = 1.58$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .72$].

energy level of representation), whereas the high-level stimulus condition consisted of identifying which of four possible targets (numbers/letters) had appeared (i.e. stimulus identification at letter/number level of representation; Kouider et al., 2010). Behavioral results showed that both subjective ratings of awareness and accuracy levels increased linearly as a function of awareness and independent of the level of processing of the stimulus. Additionally, the electrophysiological recordings revealed two correlates of visual awareness: enhanced posterior negativity in the N200 time window (VAN) and enhanced positivity in the P3 time window (LP). Only VAN was sensitive to the level of processing task manipulation, whereas the amplitude LP increased linearly as a function of awareness ratings.

Specifically, and following the *levels of processing* hypothesis (Windey and Cleeremans, 2015), we expected low-level stimulus processing to produce a significant number of intermediate subjective awareness ratings and a gradual increase in accuracy levels across the awareness scale. This was confirmed by the awareness rating distributions and accuracy levels in the detection task: even though the rating distribution was concentrated in the *unaware end* of the scale at the very restrictive SOA of 13 ms, participants reported intermediate awareness experiences (combined ratings 2 and 3) in 51% of the trials in the longer SOA of 27 ms (see Table 3 and Fig. 16a and b). On the other hand, accuracy increased as a function of awareness at both SOAs (see Table 3 and Fig. 17a and b). Also in accordance with the *levels of processing* hypothesis, we expected the higher-level task to produce a more dichotomously distributed subjective awareness ratings and accuracy levels. Contrary to this prediction, both the distribution of awareness ratings and the increase in accuracy levels showed a clear gradual pattern in the identification task. Participants reported intermediate awareness

experiences (ratings 2 and 3) in 53% of the trials in the SOA 27 ms and in 67% of the trials in SOA 40 ms (see Table 3 and Fig. 16c and d). Moreover, there were no significant differences between tasks in the mean use of intermediate awareness ratings (see Fig. 16e). In addition, accuracy levels also increased gradually as a function of SOA in the identification task (see Table 1 and Fig. 17c and d).

Interestingly, the electrophysiological correlates for the different degrees of awareness showed a dissociation between low and high-level stimulus processing. The low-level processing (i.e. detection task) linearly modulated the amplitudes at VAN (N200) time-window over occipital areas, while higher-level stimulus perception (i.e. identification task) elicited a non-linear increase in the amplitudes. The gradual amplitude deflections as a function of visual awareness at low-level stimulus processing are consistent with the *levels of processing* hypothesis and with recent results by Tagliabue et al. (2016), whom also found an amplitude modulation for increasing degrees of awareness at the VAN time-window for low-level stimulus perception. The pattern of results obtained at the VAN time-window are also in line with previous findings by Koivisto et al. (2017), who presented participants with very brief low contrast stimuli in a stimulus detection and a more complex digit identification and comparison task. Their results showed a significant amplitude difference between aware and unaware trials in the low-level detection task (i.e. rating 1 vs. rating 2) at the VAN time-window (around 200 ms), but VAN did not correlate with higher-level awareness in the identification task, operationalized as the amplitude difference between “saw something” and “saw almost clearly” (i.e., ratings 2 vs. 3). In other words, the findings in the present study and in Koivisto et al. (2017) suggest that the microgenesis of conscious perception (Bachmann, 2000) proceeds from an early elementary phenomenal

sensation of *something appearing*, as indexed by VAN, to a full-blown conscious perception of the stimulus' higher-level properties, as indexed by the P3/LP in later latency range. VAN is assumed to reflect feedback activity in the visual cortex (Koivisto and Revonsuo, 2010), which is an important mechanism distinguishing conscious perception from unconscious processing that can be based on feedforward activation only (Lamme, 2010). The result that VAN is sensitive to the level of processing of the stimulus converges with previous fMRI findings showing that activity in the visual cortex correlates with the level of processing manipulation (Binder et al., 2017). In Binder et al.'s (2017) work, the low-level task recruited visual (early and ventral) areas, whereas in the high-level task, these visual regions became active only at the two highest levels of subjective visibility, suggesting a different processing of the target stimuli at increasing levels of visibility in this task. The authors explained their findings in terms of attentional (feedback) modulation of early visual areas. Interestingly, our higher-level task was more demanding than the lower-level task and thus required additional attention to the targets in order to discriminate and identify them. Attention can enhance/amplify feedback activity in early visual areas, as suggested by previous evidence (see Carrasco, 2011, for a review). Accordingly, attentional involvement in the identification task may have modulated the ERP waves, and in VAN time window this was reflected as an enhancement of the awareness levels associated to the target's low-level features (corresponding to rating 2), but not to target's higher level features (corresponding to rating 3). Furthermore, this kind of attentional mechanisms may have produced a criterion shift in the use of the awareness scale, which is discussed below.

On the other hand, the LP has been suggested to correlate with access to global neuronal workspace (Dehaene and Changeux, 2011), or reflective consciousness

(Koivisto and Revonsuo, 2010), which allow higher-level cognitive operations and conscious reports of the perceived contents. Consistent with this account, in the P3/LP time-window the amplitudes associated to the different degrees of awareness followed a linear increase in both the detection and the identification tasks in occipital-parietal areas, and they interestingly correlated with the observed behavioral output (accuracy). It has been argued that conscious access to higher properties of the stimulus and post-perceptual or decision-making processes correlate with the later P3 component (Koivisto et al., 2017, 2016; Koivisto and Revonsuo, 2010; Pitts et al., 2014). A previous ERP study that used a continuous awareness scale and a task involving decision-making processes (i.e. comparing numbers as either higher or lower than 5) found that the distribution of accuracy levels for increasing target-mask SOAs was dichotomous (Del Cul et al., 2007). When ERPs were averaged at each SOA in Del Cul et al.'s work, the P3 was the only component whose amplitude varied with a similar non-linear trend to accuracy levels. Conversely, in the present study, the higher-level task only required stimulus identification, as opposed to higher cognitive and decision-making processes (such as comparison of meanings) involved in Del Cul et al. (2007). Thus, when decision-making processes at high-level conceptual levels are absent from the experimental design, behavioral (accuracy) and P3 amplitudes seem to fit with a more gradual pattern, as suggested by the findings in the present study and in Tagliabue et al. (2016). This pattern of results seems to be consistent with the interpretation of the P3 correlating with the behavioral output, as a measure of later reflective and decision-making processes performed on the stimuli. Furthermore, P3 has been proposed to index confidence in one's decision (Eimer and Mazza, 2005; Nieuwenhuis et al., 2005), which might also play a part in explaining the P3 results obtained in the present study. On the other hand, it could be argued that graded P3 results at the higher-level identification

task are modulated by the same attentional component that influenced weak perceptions at VAN time-window. In other words, if attentional involvement is necessary to boost weak percepts in order to perform a high-level identification task, this attentional amplification may have its own ERP component that may overlap VAN and subsequently influence the measurement of the ERP waves at P3. Assuming that such negative-going ERP would persist into the P3 time frame and influence weak perception ERPs only, this would result in a modulation leading to a graded pattern of ERP results in the P3 time-window. However, contrary to this hypothesis, amplitudes associated to the different degrees of awareness continued to follow a linear increase at a more central electrode cluster (i.e. C3, C4, CP3, CP4; see Fig. 19 in Supplementary Material, Anexo II). Interestingly, the ERPs at VAN time-window had switched polarity (now being of positive magnitude), overall suggesting that a negative-going attention related ERP component was not responsible for the graded P3 amplitudes.

Although we did not observe any support for the level of processing account in the behavioral responses, we found some evidence for different distribution of awareness ratings between the tasks. Compared to the results of the detection task in the 27 SOA condition, significantly fewer “clear” percepts were reported in the identification task, together with a higher number of “weak” perceptions. Whereas participants performed two different objective tasks (detection and identification), the same graded awareness scale was used during both tasks. Because “clarity” is not exhaustively defined in the awareness scale, it may be possible that the criterion contents for reporting awareness levels changed to some extent following the criterion contents used in the objective task (Bachmann, 2015; Sackur, 2013). The objective identification task required the perception of the shape of the targets which involved additional

attention to target features not required in the detection task, and therefore the awareness ratings were likely based on the contents that are essential for identifying the target (i.e., the clarity of the shape). In the detection task, participants had only to locate the target. Here, “almost clear” and “clear” ratings may have been used to refer to the clarity of perceiving the target in one of the quadrants, yet without evaluating the clarity of the perceived shape as much as in the identification task²⁰. Accordingly, equally large N200 amplitudes for “weak” and “almost/clear” perceptions in the identification task suggest that VAN would not be sensitive to differences related to higher-level visual processes such as differences in the clarity of shape recognitions, but it is sensitive to different clarity levels (i.e. awareness ratings) at the most basic appearance/energy of the stimulus. As proposed above, attentional (feedback) activity may be one of the process modulating differences in ERPs at VAN time-window between tasks.

Of note, the differences in the distribution of awareness ratings between tasks at the 27 ms SOA might alternatively reflect a criterion shift as a result of the different SOAs used in both tasks (detection: 13 vs. 27 ms; identification: 27 vs. 40 ms). Because the tasks were performed in separate blocks, the stimuli at the SOA of 27 ms in the identification task were perceived less clearly than the stimuli at the SOA of 40 ms, leading to the exaggeration of the lower-end ratings at the 27 ms SOA. In the detection task, the stimuli at the 27 ms SOA were perceived more clearly than in the shorter 13 ms SOA, biasing the ratings toward the higher end at the longer 27 ms SOA. On the other hand, SOA manipulation has been a common procedure in behavioral studies of

²⁰ Note that participants were instructed on how to use the PAS scale before the experiment started. However, this does not rule out the possibility that some participants may have shifted their criterion according to the contents used in the objective task. We encourage for a thorough control on the use of PAS scale in future research, especially when different depths of stimulus processing are being used.

visual awareness to obtain variation in the subjective ratings of awareness (Anzulewicz et al., 2015; Overgaard et al., 2006; Pretorius et al., 2016; Windey et al., 2013).

To our knowledge, here we found the first evidence of a higher-level stimulus perception producing a graded pattern of visual awareness. How could these findings integrate with the previous evidence? According to the *levels of processing* view (Windey and Cleeremans, 2015), low-level visual experience should be regarded as gradual as low-level stimuli would be non-semantic in nature, and therefore they cannot typically be associated to a single, clear, lexical label. Higher-level stimuli, such as letters, numbers and words, on the other hand, would typically represent one precise concept producing a clear boundary between one concept and another; therefore, in this sense, higher-level cognition may be considered as dichotomous. The present findings may be reconciled with the levels of processing framework by postulating that the more dichotomous nature of visual experience would only emerge at the highest-level of stimulus processing, i.e. with stimuli and tasks requiring access to meaning. Conversely, it could be argued that more dichotomous results are influenced by the nature of the task. When the task to be performed on high-level stimuli involves complex post-perceptual cognitive processes, such as stimulus comparison, conceptual judgements and decision-making processes (i.e. judging numbers as either higher or lower) behavioral results seem to follow a more dichotomous pattern, as measured by more dichotomous awareness reports and a non-linear increase in accuracy levels across the awareness scale (see Windey et al., 2014, for a review). It seems possible, however, that both the combination of high-level processing and tasks involving complex conceptual judgements is critical for producing more dichotomous awareness patterns. It is also important to note that the level of processing effect on subjective awareness in previous

studies has typically been very small (Anzulewicz et al., 2015; Binder et al., 2017; Windey et al., 2013) and not necessarily observable in accuracy performances (Binder et al., 2017).

A future direction within the *levels of processing* framework should explore the behavioral patterns and neural correlates of stimulus processing at the highest end of the spectrum by using high-level tasks while controlling the presence or absence of conceptual level decision-making processes. An experimental design including stimulus at the letter/number vs. meaning levels of representation, and tasks involving the mere identification opposed to higher-level conceptual categorization and cognitive judgements of the stimulus may shed light into the open questions left by the present findings.

In conclusion, our results show that, contrary to the predictions of the *levels of processing* hypothesis (Windey and Cleeremans, 2015), stimulus processing at both low (energy) and high (letter/number) levels of representation may follow a gradual increase in visual awareness. Interestingly, we found evidence that awareness levels modulate N200/ VAN amplitudes only for low-level stimulus processing, whereas in the P3/LP time-window, the amplitudes associated to the different degrees of awareness correlated with the observed graded behavioral (subjective ratings and accuracy) output at both low and high-levels of stimulus processing. The finding that the early posterior correlate of visual awareness (VAN at 150–250 ms) was sensitive to level of processing task manipulation is consistent with the findings that the task effects occur in the visual cortex (Binder et al., 2017) and supports the view that it is mediated by attention to task-relevant features.

Acknowledgements

This study was supported by a UNED/Santander (28/02/2017) mobility grant awarded to Mikel Jimenez. Simone Grassini was supported by the Academy of Finland (project no. 269156) and the Department of Psychology, University of Turku.

Capítulo 7.
Conclusiones

La presente tesis doctoral ha tenido como objetivo responder a las siguientes preguntas, todavía sin respuesta, dentro del estudio en consciencia visual: (i) ¿es el nivel de procesamiento del estímulo un factor determinante a la hora de conceptualizar la naturaleza de la consciencia visual?, (ii) ¿varía la naturaleza de la consciencia visual en función del curso temporal asociado a distintos niveles de procesamiento/dificultad de la tarea experimental?, (iii) ¿existen diferencias significativas en los componentes electroencefalográficos VAN y LP en función del nivel de procesamiento del estímulo?, y (iv) ¿de qué forma difieren los correlatos neurales asociados a diferentes grados de consciencia visual en tareas que requieren un bajo nivel de procesamiento del estímulo (i.e. detección) frente aquellas que requieren un alto nivel de procesamiento del estímulo (identificación)?

7.1. Nivel de procesamiento y consciencia visual: datos conductuales

Los resultados obtenidos sugieren que el nivel de procesamiento del estímulo no es un factor determinante para conceptualizar la naturaleza de la consciencia visual: tanto la medida subjetiva (juicios de consciencia) como la objetiva (proporción de aciertos) de consciencia visual muestran incrementos lineales (esto es, graduales) en todos los niveles de procesamiento estudiados (“energía”, “rasgos simples” y “números/letras”). Si bien la posibilidad de que los juicios subjetivos puedan ajustarse a un patrón gradual en todos los niveles de procesamiento del estímulo era una posibilidad que ya se comentaba en el estudio de Anzulewicz et al. (2015), el nuevo diseño experimental introducido en el presente estudio -así como el exhaustivo análisis del nivel de acierto para cada nivel de consciencia- muestran cómo la medida objetiva de consciencia también puede adoptar un patrón lineal en todos los niveles de

procesamiento estudiados. En conjunto, parecería que la naturaleza de la consciencia visual podría conceptualizarse –generalmente- como gradual (Overgaard, Rote, Mouridsen y Ramsøy, 2006; Ramsøy y Overgaard, 2004; Sandberg, Timmermans, Overgaard & Cleeremans, 2010). No obstante, es necesario ser cautelosos en esta afirmación debido a la alta dependencia de los resultados a distintos factores experimentales –como el tipo de paradigma experimental, el tipo de escala subjetiva utilizada o la elección de los análisis estadísticos-, así como la ausencia de resultados en los niveles de mayor profundidad de procesamiento (semánticos o de significado) con la metodología y el diseño experimental implementados en nuestros estudios.

7.2. Duración del estímulo y consciencia visual

La introducción de duraciones predeterminadas –fijas- del estímulo, junto con la manipulación del grado de organización de la máscara, nos permiten explorar la naturaleza de la consciencia visual para cada nivel de procesamiento eliminando posibles distorsiones en los resultados derivadas de ajustar curvas psicofísicas -o de analizar la distribución de los juicios subjetivos- para un amplio rango de tiempos de presentación del estímulo. Un resultado especialmente relevante de la presente tesis doctoral es el hecho de que el patrón lineal de resultados, especialmente la medida objetiva de proporción de aciertos, difiere de acuerdo al curso temporal asociado a cada nivel de procesamiento del estímulo. En concreto, encontramos un número significativo de juicios de consciencia intermedios y un patrón de incremento lineal de la proporción de aciertos con una presentación estimular corta (27 ms) en el nivel de representación más básico del estímulo (“energía”), mientras que el mismo patrón lineal de resultados se produce también pero con una presentación significativamente más larga (80 ms) para

el siguiente nivel de representación del estímulo (“rasgos simples”). Estos resultados, en conjunto, suponen nuevos indicios que apoyan un carácter gradual de la consciencia visual en los niveles más bajos de procesamiento del estímulo y, además, enfatizan el distinto curso temporal de procesos perceptivos básicos (tarea de detección) frente a procesos perceptivos más complejos, como la discriminación o la identificación de rasgos simples (tarea de identificación).

No obstante, un resultado interesante -y en principio contraintuitivo- es constatar cómo la tarea de mayor nivel de procesamiento (“letras/números”) requiere de un menor tiempo de presentación del estímulo (27 y 40 ms) para producir una cantidad significativa de juicios intermedios así como incrementos lineales en los niveles de acierto, en comparación con la tarea (de menor nivel) de identificación de “rasgos simples” (80 ms). Más allá de la cautela a la hora de comparar resultados con muestras distintas de participantes realizados en laboratorios distintos (distinto equipamiento), estos resultados podrían explicarse –quizá– por la distinta naturaleza de los estímulos utilizados en ambos trabajos, lo cual pudiera influir en la visibilidad de los mismos una vez enmascarados. De forma alternativa, es posible que la percepción de un número o letra tenga un curso temporal más rápido que la identificación de características locales del estímulo, lo cual estaría en acuerdo con la “teoría de las jerarquías invertidas” planteada por Shaul Hochstein (véase Hochstein y Ahissar, 2002, para una revisión).

7.3. Nivel de procesamiento del estímulo: resultados electrofisiológicos

Con respecto a los correlatos neurales, nuestra intención era investigar la posible existencia de una modulación de los componentes electroencefalográficos VAN y LP en función del nivel de procesamiento del estímulo, y, en el caso de encontrarla, explorar

en qué forma varían los correlatos neurales asociados a diferentes grados de consciencia visual en tareas que requieren un bajo nivel de procesamiento del estímulo (i.e. detección) frente aquellas que requieren un alto nivel de procesamiento del estímulo (identificación). Los resultados de los registros electrofisiológicos mostraron los dos correlatos neurales típicamente vinculados con la consciencia visual por la literatura previa (véase Railo, Koivisto y Revonsuo, 2011, para una revisión): (1) un incremento en la negatividad en áreas visuales tempranas en el intervalo temporal del componente N200 (VAN), y (2) un incremento en la positividad del potencial eléctrico en el intervalo temporal típico del componente P3 (LP).

Resulta relevante destacar que la única diferencia significativa entre los distintos niveles de procesamiento se produjo en el componente VAN: los diferentes niveles de consciencia (expresados mediante los juicios en la escala PAS) modularon las amplitudes de este componente electroencefalográfico de forma lineal en la tarea de bajo nivel y de forma no-lineal en la de alto nivel, mientras que las amplitudes del componente LP fueron moduladas de forma lineal en ambas tareas. El hecho de que el componente VAN sea sensible al nivel de procesamiento del estímulo converge con resultados previos obtenidos con la técnica de RMf (Binder et al., 2017), mostrando cómo la actividad en la corteza visual correlaciona con la manipulación del nivel de procesamiento. Además, esta modulación lineal del componente VAN para la tarea de bajo nivel (i.e. “energía”) sería consistente con la propuesta de que este componente es un marcador neural de experiencias subjetivas básicas o elementales, de carácter fenomenológico (Koivisto y Revonsuo, 2010). Por el contrario, la tarea de alto nivel requeriría un acceso a la información semántica del estímulo y un reclutamiento adicional de recursos atencionales que permitiera alcanzar la discriminación e

identificación de los estímulos. Es conocido que la atención dirigida a características del estímulo puede amplificar las proyecciones hacia atrás (*feedback*) en áreas visuales tempranas (véase Carrasco, 2011, para una revisión). En consecuencia, este posible incremento o amplificación de la actividad neural en áreas tempranas podría explicar la modulación no-lineal para el componente VAN en la tarea de alto nivel. Así, en cuanto el estímulo es percibido (juicios de percepción *débil* o *casi clara*), la amplificación neural consecuencia de la focalización atencional en el estímulo (a través de proyecciones neurales *hacia atrás*) relacionada con estos juicios de visibilidad produciría un salto no-lineal en el patrón global de amplitudes asociadas a los distintos juicios de consciencia.

Por otro lado, el incremento lineal de las amplitudes del componente LP en ambas tareas parece correlacionar con los datos conductuales (nos referimos al patrón gradual). Estos resultados, a priori contraintuitivos, podrían reconciliarse con la hipótesis del nivel de procesamiento postulando que la experiencia visual de naturaleza más dicotómica emergería sólo en el nivel de mayor profundidad de procesamiento del estímulo, es decir, con estímulos y tareas que requieran acceso a la representación categorial o del “significado”. Por otro lado, también podría argumentarse que los resultados de naturaleza más dicotómica son influenciados por la naturaleza de la tarea experimental que debe ser realizada. Cuando la tarea de alto nivel involucra procesos cognitivos post-perceptuales complejos, como la comparación de estímulos, juicios conceptuales y proceso de toma de decisiones (por ejemplo, informar si un número es mayor o menor que cinco) los resultados conductuales (medidas subjetivas y objetivas) parecen seguir un patrón de carácter más dicotómico (véase Windey et al., 2014, para una revisión).

7.4. Resultados adicionales

Nuestros resultados aportan, además, varias conclusiones adicionales interesantes. Por un lado, y en congruencia con resultados reportados por estudios previos (Overgaard et al., 2006; Sandberg et al., 2010), encontramos indicios de efectos perceptivos inconscientes (esto es, proporciones de acierto superiores al nivel de azar para el juicio de consciencia “sin percepción”) para todas las presentaciones estímulares utilizadas en la tarea de detección (13, 27, 40, 53 y 80 ms). Por el contrario, únicamente en la presentación más larga (80 ms) de la tarea de identificación se observa una proporción de aciertos superior al nivel de azar para el juicio “sin percepción”, manteniéndose la proporción de aciertos en niveles de azar para el resto de presentaciones utilizadas (27, 40, y 53 ms). En este sentido, es interesante destacar cómo recientes hallazgos con RMf apuntan a la participación de las áreas visuales tempranas en la rápida detección de un estímulo, mientras que operaciones cognitivas más complejas como la discriminación o la identificación requerirían el reclutamiento de áreas cerebrales adicionales, tanto ínfero-temporales como fronto-parietales (Zachariou, Klatzky, y Behrmann, 2014; Straube & Fahle, 2011). En consecuencia, la detección o localización rápida de un estímulo podría verse influida por un procesamiento temprano (no consciente) de la información visual aun cuando el participante reporta una ausencia de percepción del estímulo, mientras que tareas experimentales más complejas -que involucran el acceso a características específicas del estímulo- requerirían de un procesamiento de la información visual en áreas visuales superiores y, por lo tanto, su ejecución se mantendría en niveles de azar cuando el participante informa ausencia de percepción (véase Soto, Sheikh y Rosenthal, 2019, para una reciente propuesta de identificación de procesos inconscientes de base neural).

Por otro lado, nuestros resultados también convergen con estudios previos al mostrar una disociación entre los resultados de la medida objetiva y subjetiva de consciencia (Sandberg et al., 2011). El debate en torno a estas dos medidas de consciencia tiene un largo recorrido dentro de la investigación psicológica (véase Merikle, Smilek y Eastwood, 2001; Persuh, 2018, para una revisión) y parece que se ha alcanzado cierto consenso para sugerir que las dos medidas reflejan aspectos diferentes dentro de la corriente de procesamiento de la información del estímulo. Consistente con estudios previos (Sandberg et al., 2011) nuestros resultados muestran cómo la consciencia subjetiva (i.e. distribución de juicios en la escala PAS) se desarrolla de forma más lenta que la consciencia objetiva (proporción de aciertos para cada juicio de consciencia). Dicho de otra forma, conforme aumenta la duración del estímulo, la proporción de aciertos se incrementa más rápidamente que la experiencia subjetiva de visibilidad.

Finalmente, la conclusión de carácter metodológico más importante que se desprende de nuestros resultados hace referencia a la necesidad de una correcta utilización de la escala subjetiva de consciencia, especialmente cuando el diseño experimental incluye tareas que requieren distintos niveles de procesamiento del estímulo. Dado que es posible que cada participante recalibre el significado de los juicios de la escala subjetiva dependiendo de la dificultad de la tarea y/o el nivel de procesamiento del estímulo, las distintas categorías de la escala subjetiva de consciencia deberían ser meticulosamente explicadas en futuros estudios, proporcionando instrucciones específicas de su uso dependiendo de la tarea y del nivel de procesamiento del estímulo requerido.

7.5. Limitaciones del trabajo e investigación futura

La presente tesis doctoral presenta varias limitaciones experimentales, que deberían ser cuidadosamente tenidas en cuenta en futuros estudios, las cuales son examinadas a continuación para cada uno de los estudios que componen el presente trabajo.

En primer lugar, en el estudio llevado a cabo con objeto de explorar la naturaleza de la consciencia visual en los niveles más bajos de procesamiento del estímulo (“energía” y “características”; Capítulo 5), las condiciones experimentales entre un nivel y otro de procesamiento difieren en varios aspectos, más allá del mero nivel de procesamiento, que pueden haber influido, en mayor o menor medida, sobre los resultados obtenidos. En concreto, el estudio en el nivel de “energía” incluía una sola tarea experimental (detección) y un solo estímulo (cuadrado luminoso), el cual podía aparecer en cuatro localizaciones diferentes (por lo tanto resultando en una tarea de elección forzada de cuatro alternativas; 4AFC). Por el contrario, el estudio en el nivel de “características” incluía dos tareas distintas (detección e identificación) y dos estímulos (uno en forma de I y otro en forma de H, por lo tanto siendo la tarea de identificación una tarea de elección forzada de dos alternativas; 2AFC). De esta forma, las medidas objetivas de consciencia entre estudios no resultaron directamente comparables al presentar niveles de elección diferentes (4AFC frente a 2AFC).

Respecto a la medida subjetiva (juicios de consciencia), podría argumentarse que la inclusión de dos tareas consecutivas distintas (detección e identificación) en el estudio del nivel de “características” ha podido contaminar, hasta cierto punto, los juicios subjetivos de los participantes. De esta forma, y como se menciona ya en el

Capítulo 5, la visibilidad asociada a la tarea de menor nivel de procesamiento (detección del estímulo) podría influir -en determinados casos- sobre los juicios de consciencia llevados a cabo en este estudio, cuya tarea principal era la discriminación de rasgos estimulares simples. También podría plantearse que en este segundo estudio (“características”) la tarea experimental era más demandante y seguramente de mayor dificultad que en el primer estudio (“energía”), lo cual pudiera influenciar ambas medidas de consciencia. Adicionalmente, debido a la longitud de la tarea experimental y la imposibilidad de contar con los mismos participantes en más de una sesión experimental, el diseño planteado fue inter-sujetos, mientras que un diseño intra-sujetos sería una opción experimental más adecuada a la hora de poder sacar conclusiones significativas entre los distintas condiciones del experimento.

Todas estas posibles limitaciones fueron tomadas en cuenta a la hora de plantear nuestro siguiente diseño experimental, y deberían tenerse muy presentes en investigaciones futuras. En concreto, en el segundo trabajo (Capítulo 6), los estímulos presentados en ambas tareas fueron idénticos, se igualó la cantidad de alternativas de respuesta en las dos tareas (4AFC en ambas) y, además, se incluyeron “catch-trials” (ensayos *en blanco* o sin estímulo) para, por un lado, asegurarnos de que los participantes utilizaban correctamente la escala de consciencia, además de para poder extraer la actividad neural asociada solamente a la máscara de la actividad neural asociada al estímulo y la máscara.

Una limitación, todavía por resolver en el diseño experimental utilizado en nuestro trabajo, y común a otros estudios de registro electroencefalográfico (EEG) que utilizan una escala subjetiva de consciencia, es la escasez de juicios de visibilidad “claros” (i.e. juicio 4 en la escala PAS) obtenidos, lo cual impide promediar una onda

electroencefalográfica asociada a este juicio subjetivo (por esto, el promedio se hace conjuntamente para los registros asociados a los juicios subjetivos 3 y 4). Este es un problema asociado a un diseño experimental donde la variabilidad “física” de la estimulación ha de mantenerse constante para evitar posibles contaminaciones en las ondas PER, y de difícil solución en los diseños experimentales habitualmente utilizados.

Nuestros resultados, tanto los relativos a la medida subjetiva (juicios de consciencia) como a la objetiva (proporción de aciertos) de consciencia visual y las ondas electroencefalográficas asociadas a los distintos juicios en el intervalo temporal del componente LP (P3) muestran incrementos lineales (esto es, graduales) en todos los niveles de procesamiento estudiados (“energía”, “rasgos simples” y “números/letras”). Sin embargo, una limitación del presente trabajo es la ausencia de resultados en los niveles de mayor profundidad de procesamiento (semánticos o de significado). Un futuro estudio en el que se combine el diseño experimental utilizado en nuestros trabajos con una tarea de alto nivel que involucre juicios conceptuales y procesos de toma de decisiones (por ejemplo, con juicios categoriales de tipo “animal” o “artefacto” o “palabra” vs. “pseudopalabra”) podría arrojar luz en relación al papel del nivel de procesamiento y el componente LP. Por otro lado, la diferencia entre nuestros resultados y los resultados previos dentro de la *hipótesis del nivel de procesamiento* (Anzulewicz et al., 2015; Binder et al., 2017 y Windey et al., 2013) pueden ser en parte consecuencia de la diferente naturaleza de los estímulos utilizados. Mientras que la tarea de bajo nivel comúnmente utilizada en trabajos previos (Anzulewicz et al., 2015; Binder et al., 2017; Windey et al., 2013) consiste en una tarea de discriminación de color (e.g., “azul” vs. “rojo”), en nuestros estudios esta tarea es una tarea de detección del estímulo (esto es, en el nivel de “energía”). Además, mientras que los estudios previos que han contrastado

la *hipótesis de nivel de procesamiento* han utilizado una presentación central de los estímulos, nuestro diseño se basa en una presentación periférica (no-central) de los mismos, lo cual puede implicar variaciones en la agudeza visual o en la focalización atencional y por lo tanto una fuente adicional de variabilidad entre condiciones.

Finalmente, es necesario destacar que el análisis de la medida objetiva de consciencia en futuros estudios podría beneficiarse de la introducción de paradigmas experimentales que permitieran el cálculo de las medidas propuestas por la teoría de detección de señales (TDS), de forma que se pudieran disociar la sensibilidad perceptiva y el sesgo o criterio de respuesta de los participantes (Fleming y Lau, 2014).

Capítulo 8. Referencias

- Armstrong, D. (1968). *A Materialist Theory of the Mind*. London, England: Routledge.
- Anzulewicz, A., Asanowicz, D., Windey, B., Paulewicz, B., Wierzchoń, M., & Cleeremans, A. (2015). Does level of processing affect the transition from unconscious to conscious perception? *Consciousness and Cognition*, *36*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.05.004>
- Asplund, C. L., Fougnie, D., Zughni, S., Martin, J. W., & Marois, R. (2014). The attentional blink reveals the probabilistic nature of discrete conscious perception. *Psychological Science*, *25*(3), 824. <https://doi.org/10.1177/0956797613513810>
- Aubinet, C., Larroque, S. K., Heine, L., Martial, C., Majerus, S., Laureys, S., & Di Perri, C. (2018). Clinical subcategorization of minimally conscious state according to resting functional connectivity. *Human Brain Mapping*, *39*(11), 4519-4532. <https://doi.org/10.1002/hbm.24303>
- Baars, B.J. (1988). *A Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Baars B. J., Newman J. (1994). A neurobiological interpretation of global workspace theory. In A. Revonsuo & M. Kamppinen (Eds.), *Consciousness in philosophy and cognitive neuroscience* (pp. 211–226). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Baars, B. J. (1998). Metaphors of consciousness and attention in the brain. *Trends in Neurosciences*, *21*(2), 58-62. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(97\)01171-5](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(97)01171-5)
- Baars, B. J. (2005). Global workspace theory of consciousness: toward a cognitive neuroscience of human experience. *Progress in Brain Research*, *150*, 45-53. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)50004-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)50004-9)
- Baars, B. J., & Franklin, S. (2007). An architectural model of conscious and unconscious brain functions: Global Workspace Theory and IDA. *Neural Networks*, *20*(9), 955-961. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2007.09.013>

- Bachmann, T. (2000). *Microgenetic approach to the conscious mind*. Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins Publishing.
- Bachmann, T. (2015). Unmasking the pitfalls of the masking method in consciousness research. In M. Overgaard (Ed.), *Behavioral methods in consciousness research* (pp. 49-76). Croydon, England: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199688890.003.0004>
- Binder, M., Gociewiczza, K., Windey, B., Koculaka, M., Finc, K., Nikadonc, J., Derdad, M., & Cleeremans, A. (2017). The levels of perceptual processing and the neural correlates of increasing subjective visibility. *Consciousness and Cognition*, 55, 106-125. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.07.010>
- Blackmore, S. (2003). *Consciousness: An introduction*. New York, NY: Oxford University Press.
- Block, N. (1980). Troubles with functionalism. In *Readings in Philosophy of Psychology*, 1, 268-306. London, England: Methuen.
- Block, N. (1996a). What is functionalism? In Donald M. Borchert (Ed.), *The Encyclopedia of Philosophy*. New York, NY: MacMillan (1996)
- Block, N. (1996b). How can we find the neural correlate of consciousness? *Trends in Neurosciences*, 19(11), 456-459. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)20049-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)20049-9)
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1484-1525.
- Carruthers, P. (2000). *Phenomenal consciousness: A naturalistic theory*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Carruthers, P. (2005). *Consciousness: Essays from a Higher-Order Perspective*. Oxford, England: Oxford University Press.

- Chalmers, D. J. (1995). Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 2(3), 200-219.
- Churchland, P. M. (1984). *Matter and Consciousness*. Cambridge, MA: Bradford.
- Coltheart, M., & Arthur, B. (1972). Evidence for an integration theory of visual masking. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(3), 262-269. <https://doi.org/10.1080/14640747208400279>
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70(2), 200-227. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.03.018>
- Dehaene, S., Changeux, J. P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends in cognitive sciences*, 10(5), 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.03.007>
- Dehaene, S., Kerszberg, M., & Changeux, J. P. (1998). A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(24), 14529-14534. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.24.14529>
- Dehaene, S., & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework. *Cognition*, 79(1-2), 1-37. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00123-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00123-2)
- Del Cul, A., Baillet, S., & Dehaene, S. (2007). Brain dynamics underlying the nonlinear threshold for access to consciousness. *PLoS Biology*, 5(10), e260. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050260>
- Del Cul, A., Dehaene, S., & Leboyer, M. (2006). Preserved subliminal processing and impaired conscious access in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 63(12), 1313-1323. <http://dx.doi.org/10.1001/archpsyc.63.12.1313>

- Del Cul, A., Dehaene, S., Reyes, P., Bravo, E., & Slachevsky, A. (2009). Causal role of prefrontal cortex in the threshold for access to consciousness. *Brain*, *132*(9), 2531-2540. <https://doi.org/10.1093/brain/awp111>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Dennett, D.C. (1991). *Consciousness explained*. Boston, MA: Little, Brown and Co.
- Descartes, R. (1641). *Meditaciones metafísicas*. Madrid, España: Gredos.
- Eimer, M., & Mazza, V. (2005). Electrophysiological correlates of change detection. *Psychophysiology*, *42*(3), 328-342. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00285.x>
- Feigl, H. (1958). The 'mental' and the 'physical'. *Minnesota studies in the philosophy of science*, *2*(2), 370-497.
- Ffytche, D. H., Howard, R. J., Brammer, M. J., David, A., Woodruff, P., & Williams, S. (1998). The anatomy of conscious vision: An fMRI study of visual hallucinations. *Nature Neuroscience*, *1*(8), 738-742. <http://dx.doi.org/10.1038/3738>
- Fleming, S. M., & Lau, H. C. (2014). How to measure metacognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 443. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00443>
- Frith, C., & Rees, G. (2017). A brief history of the scientific approach to the study of consciousness. In S. Schneider & M. Velmans (Eds.), *The Blackwell companion to consciousness* (pp 3-16). Hoboken, NJ: John Willey & Sons.
- Gennaro, R. J. (Ed.). (2018). *The Routledge Handbook of Consciousness*. Abingdon, England: Routledge.

- Ghose, T., Hermens, F., & Herzog, M. H. (2012). How the global layout of the mask influences masking strength. *Journal of Vision*, *12(13)*, 9-9. <http://dx.doi.org/10.1167/12.13.9>
- Grill-Spector, K., & Kanwisher, N. (2005). Visual recognition: As soon as you know it is there, you know what it is. *Psychological Science*, *16(2)*, 152-160. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.00796.x>
- Hameroff, S., & Penrose, R. (1996). Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness. *Mathematics and computers in simulation*, *40(3-4)*, 453-480. [https://doi.org/10.1016/0378-4754\(96\)80476-9](https://doi.org/10.1016/0378-4754(96)80476-9)
- Hameroff, S., & Penrose, R. (2014). Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory. *Physics of life reviews*, *11(1)*, 39-78. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>
- Heil, J. (2012). *Philosophy of mind: A contemporary introduction*. Abingdon, England: Routledge.
- Hermens, F., & Herzog, M. H. (2007). The effects of the global structure of the mask in visual backward masking. *Vision Research*, *47(13)*, 1790-1797. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.02.020>
- Hochstein, S., & Ahissar, M. (2002). View from the top: Hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, *36(5)*, 791-804. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)01091-7](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)01091-7)
- Jackendoff, R. (1987). *Consciousness and the computational mind*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- James, W (1890). *Principles of Psychology*. New York, NY: Holt and Company.
- Jimenez, M., Grassini, S., Montoro, P. R., Luna, D., & Koivisto, M. (2018). Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing.

- Neuropsychologia*, 121, 144-152.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.11.001>
- Jimenez, M., Villalba-García, C., Luna, D., Hinojosa, J. A., & Montoro, P. R. (2019). The nature of visual awareness at stimulus energy and feature levels: A backward masking study. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 1-18.
<https://doi.org/10.3758/s13414-019-01732-5>
- Kiefer, M., & Kammer, T. (2017). The emergence of visual awareness: Temporal dynamics in relation to task and mask type. *Frontiers in Psychology*, 8, 315.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00315>
- Koch C. (2004). *The quest for consciousness: a neurobiological approach*. Englewood, CO: Roberts and Co.
- Koch, C., Massimini, M., Boly, M., & Tononi, G. (2016). Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(5), 307-321. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22>
- Koch, C., & Preusschoff, K. (2007). Betting the house on consciousness. *Nature Neuroscience*, 10(2), 140. <https://doi.org/10.1038/nn0207-140>
- Koivisto, M., & Grassini, S. (2016). Neural processing around 200ms after stimulus-onset correlates with subjective visual awareness. *Neuropsychologia*, 84, 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.024>
- Koivisto, M., Grassini, S., Salminen-Vaparanta, N., & Revonsuo, A. (2017). Different Electrophysiological Correlates of Visual Awareness for Detection and Identification. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(9), 1621-1631.
https://doi.org/10.1162/jocn_a_01149
- Koivisto, M., Lähteenmäki, M., Sørensen, T. A., Vangkilde, S., Overgaard, M., & Revonsuo, A. (2008). The earliest electrophysiological correlate of visual awareness? *Brain and Cognition*, 66(1), 91-103.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.05.010>

- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2010). Event-related brain potential correlates of visual awareness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(6), 922-934. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.12.002>
- Koivisto, M., Salminen-Vaparanta, N., Grassini, S., & Revonsuo, A. (2016). Subjective visual awareness emerges prior to P3. *European Journal of Neuroscience*, *43*(12), 1601-1611. <https://doi.org/10.1111/ejn.13264>
- Kothe, C., 2013. The artifact subspace reconstruction method. [online] Available: <http://sccn.ucsd.edu/eeglab/plugins/ASR.pdf>.
- Kouider, S., De Gardelle, V., Sackur, J., & Dupoux, E. (2010). How rich is consciousness? The partial awareness hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(7), 301-307. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.04.006>
- Kurylo, D. D., & Bukhari, F. (2015). Priming effects on the perceived grouping of ambiguous dot patterns. *Psychological Research*, *79*(5), 872-881. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0620-2>
- Lamme, V. A. (2006). Towards a true neural stance on consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(11), 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.001>
- Lamme, V. A. (2010). How neuroscience will change our view on consciousness. *Cognitive Neuroscience*, *1*(3), 204-220. <https://doi.org/10.1080/17588921003731586>
- Lamy, D., Salti, M., & Bar-Haim, Y. (2009). Neural correlates of subjective awareness and unconscious processing: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(7), 1435-1446. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21064>
- Lau, H. C., & Passingham, R. E. (2006). Relative blindsight in normal observers and the neural correlate of visual consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(49), 18763-18768. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607716103>

- Lau, H., & Rosenthal, D. (2011). Empirical support for higher-order theories of conscious awareness. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(8), 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.05.009>
- Laureys, S., Boly, M., Moonen, G., & Maquet, P. (2009). Two dimensions of consciousness: arousal and awareness. *Encyclopedia of Neuroscience*, 2, 1133-1142.
- Laureys, S., Owen, A. M., & Schiff, N. D. (2004). Brain function in coma, vegetative state, and related disorders. *The Lancet. Neurology*, 3(9), 537. [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(04\)00852-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(04)00852-X)
- Levine, J. (1983). Materialism and qualia: The explanatory gap. *Pacific Philosophical Quarterly*, 64(4), 354-361. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0114.1983.tb00207.x>
- Lycan, W. (1987). *Consciousness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lycan, W. (1996). *Consciousness and Experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lokhorst, G.J. (2018). *Descartes and the Pineal Gland*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2018 Edition), E. N. Zalta (Ed.), Recuperado de: <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/pineal-gland>.
- Maniscalco, B., Peters, M. A., & Lau, H. (2016). Heuristic use of perceptual evidence leads to dissociation between performance and metacognitive sensitivity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 78(3), 923-937. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1059-x>.
- Maunsell, J. H., & Treue, S. (2006). Feature-based attention in visual cortex. *Trends in Neurosciences*, 29(6), 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.04.001>
- Maxwell, S. E., & Delaney, H. D. (2003). *Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective*. New York, NY: Routledge.

- McCulloch, C. E., & Searle, S. R. (2004). *Generalized, linear, and mixed models*. New York, NY: Wiley.
- McLaughlin, B., Beckermann, A., & Walter, S. (Eds.). (2009). *The Oxford handbook of philosophy of mind*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Merikle, P. M., Smilek, D., & Eastwood, J. D. (2001). Perception without awareness: Perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79(1-2), 115-134. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00126-8](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00126-8)
- Michel, M., Beck, D., Block, N., Blumenfeld, H., Brown, R., Carmel, D., ... & Dehaene, S. (2019). Opportunities and challenges for a maturing science of consciousness. *Nature Human Behaviour*, 3(2), 104. <http://dx.doi.org/10.1038/s41562-019-0531-8>
- Miller, G.A. (1962). *Psychology: The Science of Mental Life*. New York, NY: Harper & Row.
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48(2), 229-240. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01061.x>
- Newell, A. (1994) *Unified theories of cognition: The William James lectures*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104, No. 9). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus--norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4), 510. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.131.4.510>
- Oizumi, M., Albantakis, L., & Tononi, G. (2014). From the phenomenology to the mechanisms of consciousness: integrated information theory 3.0. *PLoS*

- Computational Biology*, 10(5), e1003588.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003588>
- Overgaard, M. (2017). The status and future of consciousness research. *Frontiers in Psychology*, 8, 1719. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01719>
- Overgaard, M., Nielsen, J. F., & Fuglsang-Frederiksen, A. (2004). A TMS study of the ventral projections from V1 with implications for the finding of neural correlates of consciousness. *Brain and Cognition*, 54(1), 58-64.
[https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00260-4](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00260-4)
- Overgaard, M., Rote, J., Mouridsen, K., & Ramsøy, T. Z. (2006). Is conscious perception gradual or dichotomous? A comparison of report methodologies during a visual task. *Consciousness and Cognition*, 15(4), 700-708.
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.04.002>
- Overgaard, M., & Sandberg, K. (2012). Kinds of access: different methods for report reveal different kinds of metacognitive access. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1594), 1287-1296.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0425>
- Persuh, M. (2018). Measuring Perceptual Consciousness. *Frontiers in Psychology*, 8, 2320. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02320>
- Piazza, C., Cantiani, C., Akalin-Acar, Z., Miyakoshi, M., Benasich, A. A., Reni, G., ... & Makeig, S. (2016). ICA-derived cortical responses indexing rapid multi-feature auditory processing in six-month-old infants. *Neuroimage*, 133, 75-87.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.060>
- Place, U. T. (1956). Is The Consciousness a Process of Brain? *British Journal of Psychology*, 47, 44-50. https://doi.org/10.1007/978-1-349-15364-0_2
- Pitts, M. A., Padwal, J., Fennelly, D., Martínez, A., & Hillyard, S. A. (2014). Gamma band activity and the P3 reflect post-perceptual processes, not visual awareness. *Neuroimage*, 101, 337-350. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.07.024>

- Prinz, J. (2017). The intermediate level theory of consciousness. In S. Schneider & M. Velmans (Eds.), *The Blackwell companion to consciousness* (pp 257-271). Hoboken, NJ: John Willey & Sons.
- Pontifex, M. B., Miskovic, V., & Laszlo, S. (2017). Evaluating the efficacy of fully automated approaches for the selection of eyeblink ICA components. *Psychophysiology*, 54(5), 780-791. <https://doi.org/10.1111/psyp.12827>
- Pretorius, H., Tredoux, C., & Malcolm-Smith, S. (2016). Subjective awareness scale length influences the prevalence, not the presence, of graded conscious states. *Consciousness and Cognition*, 45, 47-59. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2016.08.007>
- Putnam, H. (1967). Psychological predicates. In W.H. Capitan & D.D. Merrill (Eds.), *Art, Mind, and Religion* (pp 158-167), Pittsburgh, PA: Pittsburgh University Press.
- Railo, H., & Koivisto, M. (2009). The electrophysiological correlates of stimulus visibility and metacontrast masking. *Consciousness and cognition*, 18(3), 794-803. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.01.006>
- Railo, H., Koivisto, M., Revonsuo, A. (2011). Tracking the processes behind conscious perception: A review of event-related potential correlates of visual consciousness. *Consciousness and Cognition*, 20(3), 972-983. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.03.019>
- Ramsøy, T. Z., & Overgaard, M. (2004). Introspection and subliminal perception. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 3(1), 1-23. <https://doi.org/10.1023/B:PHEN.0000041900.30172.e8>
- Robinson, W. S. (2018). Dualism. In R.J. Gennaro (Ed.), *The Routledge Handbook of Consciousness* (pp. 51-63). Abingdon, England: Routledge.
- Rosenthal, D. (1986). Two concepts of consciousness. *Philosophical Studies*, 49(3), 329-359. <https://doi.org/10.1007/BF00355521>

- Rosenthal, D. (1997). A theory of consciousness. In N. Block, O. Flanagan, & G. Güzeldere (Eds.), *The Nature of Consciousness* (pp. 729-754). Cambridge, MA: MIT Press.
- Rutiku, R., Aru, J., & Bachmann, T. (2016). General markers of conscious visual perception and their timing. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 23. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00023>
- Ryle, G. (1949). *The Concept of Mind*. New York, NY: Barnes & Noble.
- Sackur, J. (2013). Two dimensions of visibility revealed by multidimensional scaling of metacontrast. *Cognition*, *126*, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.09.013>
- Sandberg, K., Bibby, B. M., Timmermans, B., Cleeremans, A., & Overgaard, M. (2011). Measuring consciousness: task accuracy and awareness as sigmoid functions of stimulus duration. *Consciousness and Cognition*, *20*(4), 1659-1675. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.09.002>
- Sandberg, K., Timmermans, B., Overgaard, M., & Cleeremans, A. (2010). Measuring consciousness: is one measure better than the other? *Consciousness and Cognition*, *19*(4), 1069-1078. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.12.013>
- Salti, M., Bar-Haim, Y., & Lamy, D. (2012). The P3 component of the ERP reflects conscious perception, not confidence. *Consciousness and Cognition*, *21*(2), 961-968. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.01.012>
- Saygin, A. P., Cicekli, I., & Akman, V. (2000). Turing test: 50 years later. *Minds and Machines*, *10*(4), 463-518. <https://doi.org/10.1023/A:1011288000451>
- Schneider, S., & Velmans, M. (Eds.). (2017). *The Blackwell companion to consciousness*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Searle, John (1980). Minds, Brains and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*. *3* (3), 417. <https://doi.org/10.1017/s0140525x00005756>

- Searle, J. R., & Willis, S. (1983). *Intentionality: An essay in the philosophy of mind*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Sekar, K., Findley, W. M., Poeppel, D., & Llinás, R. R. (2013). Cortical response tracking the conscious experience of threshold duration visual stimuli indicates visual perception is all or none. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(14), 5642-5647. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302229110>
- Sergent, C., & Dehaene, S. (2004). Is consciousness a gradual phenomenon? Evidence for an all-or-none bifurcation during the attentional blink. *Psychological Science*, *15*(11), 720-728. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00748.x>
- Seth, A. K., Dienes, Z., Cleeremans, A., Overgaard, M., & Pessoa, L. (2008). Measuring consciousness: Relating behavioural and neurophysiological approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(8), 314-321. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.04.008>
- Smart, J. J. (1959). Sensations and brain processes. *The Philosophical Review*, *68*(2), 141-156. <https://doi.org/10.2307/2182164>
- Soto, D., Sheikh, U. A., & Rosenthal, C. R. (2019). A Novel Framework for Unconscious Processing. *Trends in Cognitive Sciences*, *23*(5), 372-376. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.03.002>
- Stevens, S. S. (1935). The relation of pitch to intensity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *6*(3), 150-154. <https://doi.org/10.1121/1.1915715>
- Stevens, S. S., Volkman, J., & Newman, E. B. (1937). A scale for the measurement of the psychological magnitude pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *8*(3), 185-190. <https://doi.org/10.1121/1.1915893>
- Straube, S., & Fahle, M. (2011). Visual detection and identification are not the same: Evidence from psychophysics and fMRI. *Brain and Cognition*, *75*(1), 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2010.10.004>

- Tagliabue, C. F., Mazzi, C., Bagattini, C., & Savazzi, S. (2016). Early local activity in temporal areas reflects graded content of visual perception. *Frontiers in Psychology*, 7, 572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00572>
- Tononi, G. (2004). An information integration theory of consciousness. *BMC Neuroscience*, 5(1), 42. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-5-42>
- Tononi, G., Boly, M., Massimini, M., & Koch, C. (2016). Integrated information theory: from consciousness to its physical substrate. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(7), 450. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.44>
- Turing, A.M (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 49(236), 433-460. <http://dx.doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Uttal, W. R. (1975). *An autocorrelation theory of form detection*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Uttal, W. R. (2014). *The perception of dotted forms*. New York, NY: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315801865>
- Vanrullen, R., & Thorpe, S. J. (2001). The time course of visual processing: from early perception to decision-making. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(4), 454-461. <https://doi.org/10.1162/08989290152001880>
- Watson, J. B. (1920). Is thinking merely the action of language mechanisms? *British Journal of Psychology*, 11, 87-104. <https://doi.org/10.1348/000712608X336095>
- Wierzchoń, M., Paulewicz, B., Asanowicz, D., Timmermans, B., & Cleeremans, A. (2014). Different subjective awareness measures demonstrate the influence of visual identification on perceptual awareness ratings. *Consciousness and Cognition*, 27, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.04.009>
- Windey, B., & Cleeremans, A. (2015). Consciousness as a graded and an all-or-none phenomenon: A conceptual analysis. *Consciousness and Cognition*, 35, 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.03.002>

- Windey, B., Vermeiren, A., Atas, A., & Cleeremans, A. (2014). The graded and dichotomous nature of visual awareness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1641), 20130282. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0282>
- Windey, B., Gevers, W., & Cleeremans, A. (2013). Subjective visibility depends on level of processing. *Cognition*, 129(2), 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.07.012>
- Zachariou, V., Klatzky, R., & Behrmann, M. (2014). Ventral and dorsal visual stream contributions to the perception of object shape and object location. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(1), 189-209. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00475
- Zylberberg, A., Barttfeld, P., & Sigman, M. (2012). The construction of confidence in a perceptual decision. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6, 79. <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00079>.

ANEXOS

ANEXO I

Supplementary Material (Capítulo 5)

In order to explore whether awareness rating distributions and objective accuracy performances were affected by practice effects across the different experiments, we conducted further supplementary analyses. Specifically, mean awareness reports were sent to a 5 (Block: 1, 2, 3, 4, 5) x 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated-measures ANOVA (Study 1) and a 2 (Block: 1, 2) x 4 (Awareness: 1, 2, 3, 4) repeated-measures ANOVA (Study 2). In addition, detection and discrimination accuracies were analyzed using a linear mixed effects model (McCulloch, & Searle, 2004). Following maximum likelihood estimation (MLE), Block and Awareness were introduced as fixed effects to the model and Subjects as random variable. Awareness distribution data (converted to percentage of trials due to the difference in the number of trials between experiments) and detection accuracies for Experiments 2 and 4 (which shared the same group of participants) was analyzed together in a single analysis by merging block data from the two experiments.

Results**Awareness distribution.**

If practice effects were taking place, we would expect increased visibility in the final blocks of each experiment when compared to the visibility in the initial blocks of the experiment. Thus, this would produce a significant interaction between Block and Awareness. Results showed that a significant interaction only occurred at the combined

analysis for Exp. 2 and 4 [$F(18,396) = 2.98$, $MSE = 1489.35$, $p < .05$, $\eta^2_p = .12^{21}$], suggesting differences in awareness distributions across experimental blocks. The exploration of pairwise comparisons (Bonferroni corrected), however, showed an absence of differences in the mean use of awareness categories across blocks (all $ps > .05$), thus the interaction only reflected differences in awareness distributions within blocks.

Accuracy performances.

Increasing accuracy levels in the final blocks of each experiment would be expected as a result of possible practice effect, shown as a significant main effect for Block (increasing accuracy levels at the different experimental blocks) and/or a significant interaction between Block and Awareness.

Results showed a significant effect for Block in Experiment 1, $F(4,228) = 2.92$, $p < .05$, suggesting differences in accuracy performances in each block. The exploration of mean accuracies at each block, however, showed that performance did not increase with practice (block 1: .58 mean accuracy; block 2: .41; block 3: .51; block 4: .65 and block 5: .52). Results also showed that Block interacted with Awareness [$F(12,227) = 2.42$, $p < .01$], suggesting differences in accuracy performances per awareness categories at each experimental block. Pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that significant differences in accuracy levels were observed at rating 3 (*almost clear perception*) between blocks 1 and 5 ($p < .05$; lower mean accuracy in block 5), at rating 4 (*clear perception*) between blocks 1 and 2 ($p < .05$; lower mean accuracy in block 2)

²¹ Greenhouse-Geisser corrections were applied on p -values and degrees of freedom when the sphericity assumption was violated.

and blocks 2 and 4 ($p < .05$; higher mean accuracy in block 4). Combined analysis for detection accuracies in Exp. 2 and 4 showed that Block interacted with Awareness [$F(18,397) = 3.55, p < .001$], suggesting differences in accuracy performances per awareness categories at each experimental block. Pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that significant differences in accuracy levels were observed at rating 1 (*no perception*) between blocks 3 and 7 ($p < .05$; lower mean accuracy in block 3), at rating 3 (*almost clear perception*) between blocks 1 and 6 ($p < .01$; higher mean accuracy in block 1), blocks 1 and 7 ($p < .05$; higher mean accuracy in block 1), blocks 2 and 6 ($p < .05$; higher mean accuracy in block 2), blocks 4 and 6 ($p < .01$; higher mean accuracy in block 4) and blocks 5 and 6 ($p < .05$; higher mean accuracy in block 5). At rating 4 (*clear perception*), there were also significant differences between blocks 2 and 7 ($p < .01$; higher mean accuracy in block 2) and blocks 3 and 7 ($p < .01$; higher mean accuracy in block 3). Note that all pairwise differences reflect lower detection accuracies for Exp. 4 (blocks 6 and 7), with the only exception of lower accuracy in no perception rating for block 3 (Exp. 2) compared to block 7 (Exp. 4). Results in Exp. 3 showed that Block factor was not significant [$F(4,291) = 1.16, p = .329$], and Block did not interact with Awareness [$F(12,290) = .98, p = .469$].

Neither Block or Block x Awareness interaction were significant for detection and discrimination accuracies in Exp. 5 and 6, whereas a marginally significant interaction was found for discrimination Accuracies in Exp. 4 [$F(3,114) = 2.49, p = .064$]. Pairwise comparisons (Bonferroni corrected) showed that significant differences in accuracy levels were only observed at rating 4 (*clear perception*) between blocks 1 and 2 ($p < .05$; lower mean accuracy in block 2).

Discussion

In order to explore whether awareness rating distributions and objective accuracy performances were affected by practice effects across the different experiments, we conducted further supplementary analyses in all experiments for both the use of the different awareness categories as well as accuracy performances across experimental blocks.

Results for the awareness distribution showed that participants' awareness did not increase as a function of practice in each experiment, and we neither found awareness distribution differences for the same group of participants that took part in both studies at the same target duration. On the other hand, accuracy neither increased as a function of practice, as shown by the analyses conducted on detection and discrimination accuracies in each experiment. Detection accuracies in Exp. 4, on the other hand, were lower when compared to accuracies in Exp. 2, contrary of what would be expected as a result of significant practice effects.

Overall, awareness distribution and accuracy analyses suggest that practice effects did not influence or explain the different pattern of results obtained in the present study.

Individual PAS reports and accuracy levels are presented in the following tables

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 1								
Target presentation of 13 ms								
Awareness rating								
	1		2		3		4	
Subject	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy
1	216	0,24	71	0,44	1	1,00	0	-
2	249	0,24	39	0,23	0	-	0	-
3	275	0,33	13	0,38	0	-	0	-
4	91	0,31	171	0,42	26	0,58	0	-
5	175	0,26	99	0,24	14	0,07	0	-
6	63	0,46	219	0,64	6	0,83	0	-
7	229	0,24	47	0,23	12	0,08	0	-
8	282	0,32	6	0,83	0	-	0	-
9	167	0,29	73	0,32	0	-	0	-
10	218	0,29	22	0,50	0	-	0	-
11	11	0,27	95	0,23	112	0,28	22	0,36
12	202	0,32	38	0,21	0	-	0	-
13	78	0,21	107	0,25	45	0,27	10	0,50
14	229	0,22	11	0,09	0	-	0	-
15	127	0,37	111	0,50	2	1,00	0	-
16	122	0,48	96	0,70	21	0,90	1	1,00
17	174	0,43	66	0,38	0	-	0	-
18	232	0,42	8	0,63	0	-	0	-
19	195	0,31	45	0,27	0	-	0	-
20	233	0,34	7	1,00	0	-	0	-
21	240	0,27	0	-	0	-	0	-
22	240	0,29	0	-	0	-	0	-
23	232	0,38	7	1,00	1	0,00	0	-
24	186	0,65	50	0,94	4	1,00	0	-
Mean	186,08	0,33	58,38	0,47	10	0,55	1,38	0,62
SD	70,40	0,10	56	0,28	24	0,41	4,84	0,34

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 1								
Target presentation of 27 ms								
Awareness rating								
Subject	1		2		3		4	
	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy
1	91	0,27	66	0,65	48	0,77	35	0,97
2	27	0,22	189	0,26	24	0,33	0	-
3	6	0,33	167	1,00	67	1,00	0	-
4	18	0,28	214	0,76	8	1,00	0	-
5	170	0,26	95	0,37	7	0,43	0	-
6	55	0,25	185	0,39	0	-	0	-
7	68	0,24	172	0,60	0	-	0	-
8	54	0,22	183	0,46	1	1,00	0	-
9	14	0,29	176	0,32	50	0,40	0	-
10	65	0,28	174	0,28	1	0,00	0	-
11	78	0,36	71	0,76	80	0,95	11	1,00
12	8	0,25	232	0,27	0	-	0	-
13	16	0,69	33	1,00	142	1,00	49	1,00
14	90	0,33	150	0,31	0	-	0	-
15	6	1,00	70	1,00	164	1,00	0	-
16	224	0,25	15	0,27	1	1,00	0	-
17	161	0,35	79	0,42	0	-	0	-
18	222	0,37	18	0,61	0	-	0	-
19	240	0,36	0	-	0	-	0	-
20	236	0,33	4	0,00	0	-	0	-
21	35	0,51	58	0,91	147	0,99	0	-
22	0	-	50	0,34	147	0,52	43	0,47
23	14	0,07	44	0,43	120	0,52	62	0,63
24								
Mean	82,52	0,34	106,30	0,52	43,78	0,73	8,70	0,81
SD	82,92	0,19	74,89	0,28	59,15	0,33	18,71	0,25

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 1								
Target presentation of 40 ms								
Awareness rating								
Subject	1		2		3		4	
	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy
1	51	0,33	122	0,98	56	0,98	11	1,00
2	2	0,50	20	0,75	27	0,89	191	1,00
3	23	0,48	125	0,74	56	1,00	36	1,00
4	0	-	5	0,60	27	1,00	208	1,00
5	1	0,00	8	0,75	46	1,00	185	1,00
6	19	0,68	100	1,00	75	1,00	46	1,00
7	53	0,30	185	0,44	2	0,00	0	-
8	0	-	0	-	240	0,98	0	-
9	14	0,36	16	0,94	90	0,99	120	1,00
10	1	0,00	1	1,00	32	1,00	206	1,00
11	1	0,00	14	0,64	177	0,99	48	0,98
12	26	0,35	78	0,69	95	0,87	41	0,98
13	12	0,75	100	1,00	98	1,00	30	1,00
14	6	0,67	31	0,97	79	1,00	27	1,00
15	24	0,58	135	0,73	67	0,99	14	1,00
16	189	0,33	51	0,82	0	-	0	-
17	3	1,00	91	1,00	120	1,00	26	1,00
18	4	0,25	11	0,91	63	1,00	162	1,00
19	1	1,00	0	-	239	1,00	0	-
20	89	0,90	118	0,99	33	1,00	0	-
21	32	0,50	31	0,87	69	1,00	108	1,00
22								
23								
24								
Mean	26,24	0,47	59,14	0,83	80,52	0,93	69,48	1,00
SD	43,69	0,31	56,29	0,17	66,36	0,22	76,61	0,01

Anexo I

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 2

Target presentation of 27 ms

Awareness rating

Subject	1			2			3			4		
	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy
1	84	0,27	0,45	82	0,50	0,51	22	0,82	0,50	4	0,50	0,50
2	25	0,24	0,44	160	0,34	0,46	6	0,17	0,83	1	0,00	0,00
3	130	0,33	0,52	62	0,98	0,44	0	-	-	0	-	-
4	15	0,33	0,53	172	0,59	0,49	4	1,00	0,25	1	1,00	1,00
5	134	0,25	0,51	45	0,31	0,49	13	0,38	0,46	0	-	-
6	80	0,41	0,49	112	0,38	0,46	0	-	-	0	-	-
7	158	0,32	0,54	34	0,32	0,50	0	-	-	0	-	-
8	157	0,29	0,52	30	0,47	0,40	0	-	-	5	0,20	0,60
9	14	0,36	0,64	168	0,27	0,51	8	0,50	0,50	2	0,50	1,00
10	157	0,30	0,51	32	0,19	0,38	1	0,00	0,00	2	0,50	0,50
11	85	0,40	0,49	86	0,58	0,49	17	0,82	0,53	4	0,75	1,00
12	2	0,00	0,00	185	0,27	0,52	2	0,00	0,00	3	0,67	0,33
13	84	0,76	0,54	100	0,97	0,57	0	-	-	8	0,75	0,25
14	135	0,30	0,48	56	0,38	0,59	0	-	-	1	0,00	1,00
15	190	0,88	0,48	0	-	-	0	-	-	2	0,50	1,00
16	190	0,30	0,47	0	-	-	2	0,50	0,50	0	-	-
17	70	0,27	0,49	121	0,24	0,46	1	1,00	0,00	0	-	-
18	165	0,32	0,41	26	0,35	0,50	1	0,00	0,00	0	-	-
19	127	0,31	0,58	64	0,45	0,59	0	-	-	1	0,00	1,00
20	185	0,24	0,54	2	0,00	0,50	0	-	-	5	0,40	0,40
21	47	0,36	0,47	132	0,79	0,56	13	0,77	0,31	0	-	-
22	1	1,00	1,00	36	0,39	0,47	109	0,46	0,53	46	0,74	0,50
23	6	0,17	0,67	34	0,32	0,56	148	0,31	0,46	4	0,00	0,75
24												
Mean	97,43	0,37	0,51	75,61	0,43	0,50	15,09	0,48	0,35	3,87	0,43	0,66
SD	65,61	0,22	0,16	58,07	0,24	0,06	36,80	0,36	0,26	9,44	0,33	0,33

Anexo I

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 2

Target presentation of 53 ms

Awareness rating

Subject	1			2			3			4		
	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy
1	1	1,00	0,00	20	0,35	0,60	142	0,94	0,58	29	1,00	0,69
2	35	0,51	0,51	56	0,98	0,66	68	1,00	0,85	33	1,00	1,00
3	1	1,00	1,00	148	0,99	0,73	43	1,00	0,86	0	-	-
4	25	0,44	0,44	159	0,97	0,47	8	1,00	0,38	0	-	-
5	48	0,77	0,54	123	0,97	0,54	21	1,00	0,67	0	-	-
6	6	0,50	0,83	142	1,00	0,50	40	1,00	0,63	4	1,00	1,00
7	7	0,57	0,86	3	1,00	0,67	3	1,00	1,00	179	1,00	0,99
8	92	0,72	0,64	98	0,97	0,69	1	1,00	1,00	1	1,00	0,00
9	19	0,84	0,58	172	0,94	0,51	1	1,00	1,00	0	-	-
10	44	0,57	0,52	101	0,96	0,47	26	1,00	0,62	2	1,00	0,00
11	10	0,90	0,50	35	0,91	0,40	90	0,99	0,59	57	1,00	0,65
12	4	0,00	0,75	25	0,96	0,52	112	1,00	0,56	51	1,00	0,92
13	189	0,31	0,50	2	1,00	1,00	1	1,00	0,00	0	-	-
14	97	0,43	0,52	70	0,59	0,53	25	0,96	0,84	0	-	-
15	11	0,64	0,55	173	1,00	0,80	8	1,00	0,75	0	-	-
16	6	0,50	0,33	108	0,99	0,51	50	1,00	0,52	28	1,00	0,57
17	0	-	-	1	1,00	0,00	130	1,00	0,67	61	1,00	0,84
18	4	0,75	0,50	161	1,00	0,51	27	1,00	0,74	0	-	-
19	0	-	-	119	0,97	0,62	73	1,00	0,88	0	-	-
20	79	0,66	0,44	62	0,89	0,42	45	1,00	0,42	6	0,83	0,33
21	18	0,61	0,67	140	0,78	0,56	32	1,00	0,81	2	1,00	0,50
22	13	0,54	0,54	83	0,76	0,54	91	0,93	0,62	5	0,80	0,40
23	0	-	-	108	0,98	0,49	84	1,00	0,64	0	-	-
24	3	0,33	0,67	86	0,99	0,56	81	1,00	0,59	22	1,00	0,91
Mean	29,67	0,60	0,57	91,46	0,91	0,55	50,08	0,99	0,68	20,00	0,97	0,63
SD	44,74	0,24	0,20	56,14	0,16	0,18	42,20	0,02	0,22	39,17	0,07	0,35

Anexo I

Individual use of PAS and accuracy performances (proportion correct) in Study 2

Target presentation of 80 ms

Awareness rating

Subject	1			2			3			4		
	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy	Num. of Reports	Detect. Accuracy	Identif. Accuracy
1	27	0,70	0,63	89	0,99	0,92	61	1,00	0,97	15	1,00	1,00
2	2	0,00	0,50	0	-	-	0	-	-	190	0,99	0,98
3	3	0,67	0,33	70	1,00	0,94	111	0,99	0,95	8	1,00	0,88
4	0	-	-	20	1,00	0,80	30	1,00	1,00	142	1,00	1,00
5	0	-	-	21	1,00	0,76	73	1,00	0,97	98	1,00	1,00
6	8	0,25	0,75	23	1,00	1,00	62	1,00	1,00	99	1,00	0,99
7	11	0,27	0,91	165	0,62	0,48	14	0,71	0,36	2	0,50	0,00
8	13	0,08	0,54	11	0,73	0,64	165	0,98	0,86	3	1,00	0,67
9	4	0,50	0,50	2	1,00	0,50	19	0,95	0,95	167	1,00	0,98
10	0	-	-	0	-	-	10	1,00	0,90	182	1,00	1,00
11	1	1,00	1,00	67	0,93	0,85	112	1,00	0,79	12	1,00	0,92
12	2	0,50	1,00	40	0,95	0,70	37	1,00	0,97	113	0,99	0,91
13	3	1,00	0,33	58	1,00	0,88	115	1,00	0,98	16	1,00	1,00
14	6	0,83	0,67	30	0,97	0,83	46	1,00	1,00	110	1,00	1,00
15	0	-	-	5	1,00	1,00	50	1,00	1,00	137	1,00	0,99
16	13	0,54	0,46	160	0,99	0,51	19	1,00	0,74	0	-	-
17	0	-	-	3	1,00	0,67	45	1,00	1,00	144	1,00	1,00
18	3	0,00	0,67	15	1,00	1,00	50	1,00	1,00	124	1,00	1,00
19	0	-	-	10	1,00	0,60	144	1,00	0,87	38	1,00	0,97
20	1	1,00	1,00	61	1,00	0,82	54	1,00	0,96	76	1,00	0,96
21	6	0,83	0,83	10	1,00	0,60	15	0,93	1,00	161	0,99	0,98
22												
23												
24												
Mean	4,90	0,54	0,67	40,95	0,96	0,76	58,67	0,98	0,91	87,48	0,97	0,91
SD	6,60	0,36	0,23	48,19	0,10	0,17	45,95	0,07	0,15	66,93	0,11	0,23

ANEXO II

Supplementary Material (Capítulo 6)

In order to explore whether graded P3 results at the higher-level identification task were modulated by the same attentional component that may have influenced weak perceptions at VAN time-window, we conducted a supplementary analysis in the P3/LP range. For that, we analyzed the ERP magnitudes associated to different levels of awareness at more central electrodes (i.e. C3, C4, CP3, CP4) and compared them to the original electrode cluster where the P3/LP peaked (i.e. P3, P4, PO3, PO4). Therefore, a 2 (Area: central-parietal vs. parietal-occipital) x 3 (Awareness: 1, 2 and combined 3-4) repeated-measures ANOVA was conducted on the mean amplitudes.

Results

Results showed no significant main effect for Area, $F(1,15) = 1.58$, $MSe = 2.87$, $p = .228$, $\eta^2_p = .09$, indicating no differences on average ERP magnitudes between the electrode clusters. A significant effect for Awareness [$F(2,30) = 37.55$, $MSe = .76$, $p < .001$, $\eta^2_p = .71$] showed that increasing awareness of the stimuli elicited larger positivity in the ERP amplitudes. Finally, no significant interaction between Area and Awareness was found [$F(2,30) = 2.15$, $MSe = .49$, $p = .134$, $\eta^2_p = .12$], suggesting an absence of significant differences in the ERPs associated to each degree of awareness between areas. A significant linear trend for Awareness [$F(1,15) = 51.52$, $MSe = 1.11$, $p < .01$, $\eta^2_p = .77$] showed that the amplitudes associated to the different degrees of awareness followed a linear increase in both the central-parietal and the parietal-occipital cluster (see Fig. S1), and therefore they correlated with the observed behavioral output (accuracy).

Discussion

In order to explore if the graded P3 results at the higher-level identification task were a consequence of the same attentional (negative-going) component that influenced weak perceptions at VAN time-window, we conducted a supplementary analysis in the P3/LP range. Indeed, if attentional involvement was necessary to boost weak percepts in order to perform a high-level identification task, this attentional amplification may have had its own ERP component overlapping VAN and subsequently influencing the measurement of the ERP waves in P3 time window. This negative-going ERP persisting into the P3 time frame might influence weak perception ERPs only, which would result in a modulation leading to a graded pattern of ERP results in the P3 time-window. However, contrary to this hypothesis, amplitudes associated to the different degrees of awareness continued to follow a linear increase at a more central electrode cluster (central-parietal, see Fig. S1). Interestingly, the ERPs at VAN time-window had switched polarity (now being of positive magnitude). Statistical analysis comparing the ERPs associated to different degrees of awareness between the more central electrode cluster (i.e. central-parietal) to the original parietal-occipital cluster showed no significant differences on the average ERP magnitudes between areas and, interestingly, neither significant differences in the ERPs associated to each degree of awareness between the more central and the original more posterior electrode cluster.

Overall, these results argue against a negative-going attention related ERP modulating P3 results and producing the graded pattern of ERPs.

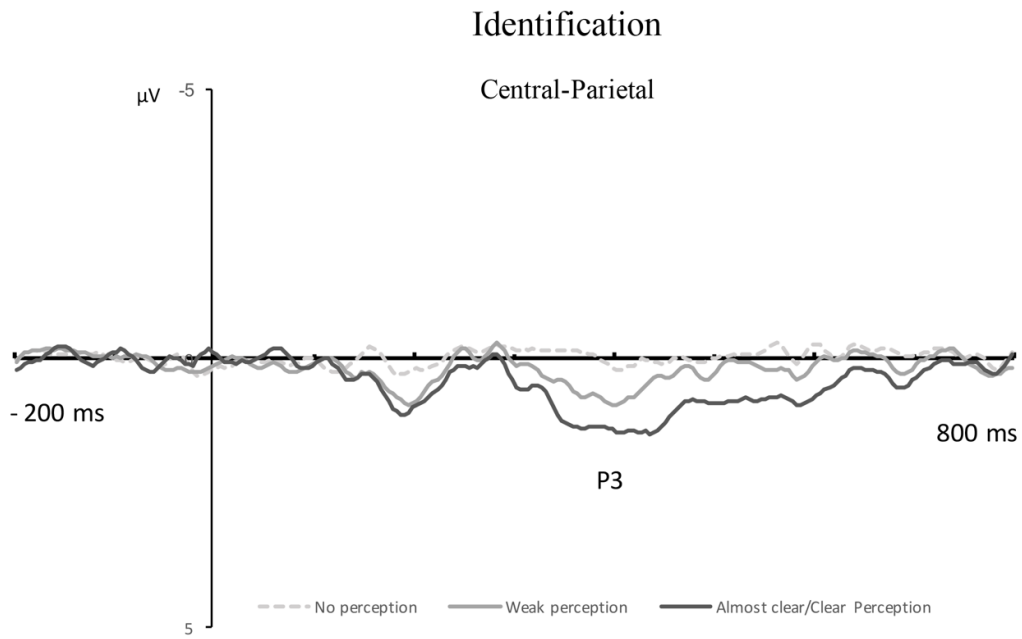


Fig. 19. (Supplementary Material). ERPs related to different awareness ratings in central-parietal electrodes (C3, C4, CP3, CP4) for the higher-level identification task at the SOA of 27 ms.

Acrónimos y Abreviaturas

AFz: Anterior-Frontal Medial (electrodo)

ANOVA: Análisis de Varianza (*Analysis Of Variance*)

C3: Electrodo Central, hemisferio izquierdo

C4: Electrodo Central, hemisferio derecho

Cd/m²: Candela por metro al cuadrado

Cm: Centímetro

CNC: Correlatos Neurales de la Consciencia

CP3: Centro-Parietal, hemisferio izquierdo (electrodo)

CP4: Centro-Parietal, hemisferio derecho (electrodo)

Cz: Central medial (electrodo)

e.g.: Exempli gratia

EEG: Electroencefalografía

EMT: Estimulación Magnética Transcraneal

ERP: *Event Related Potential*

Exp.: Experimento (*Experiment*)

F5: Área cerebral en el córtex pre-motor

Fig.: Figura (*Figure*)

GW: *Global Workspace*

HOT: Pensamiento de orden superior (*Higher-Order Thought*)

Hz: Hercio

i.e.: Id est

IIT: Teoría de la información integrada (*Integrated Information Theory*)

Kg: Kilogramo

LoP: *Levels of Processing*

LP: *Late Positivity*

ms: Milisegundo

MLE: Estimación de máxima verosimilitud (*Maximum Likelihood Estimation*)

MSE: Error cuadrático medio (*Mean Square Error*)

N2/N200: Componente PER

NdP: Nivel de Procesamiento

NCC: Neural Correlates of Consciousness

O1: Occipital, hemisferio izquierdo (electrodo)

O2: Occipital, hemisferio derecho (electrodo)

Orch-OR: Reducción objetiva orquestada (*Orchestrated Objective Reduction*)

P1/P100: Componente PER

P3/P300: Componente PER

P3: Parietal, hemisferio izquierdo (electrodo)

P4: Parietal, hemisferio derecho (electrodo)

PAS: *Perceptual Awareness Scale*

PER: Potencial Evento-Relacionado

PO3, PO7: Parieto-Occipital, hemisferio izquierdo (electrodo)

PO4, PO8: Parieto-Occipital, hemisferio derecho (electrodo)

RMf: Resonancia Magnética Funcional

SD: Desviación Típica (*Standard Deviation*)

SOA: Asincronía de aparición del estímulo (*Stimulus Onset Asynchrony*)

TR: Tiempo de Reacción

V1: Córtex visual primario

V4: Área visual 4 (área visual en el córtex extraestriado)

VAN: *Visual Awareness Negativity*

Lista de símbolos

%: Porcentaje

Φ : *Phi*, valor de integración de información

F : F de Fisher

M : Media (*Mean*)

p : Probabilidad (de la hipótesis nula)

η_p^2 : Eta cuadrada parcial

t : T de Student