



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

MIRANDO LA REALIDAD OBSERVANDO LAS PANTALLAS

Activación diferencial en la percepción visual del movimiento real
y aparente audiovisual con diferente montaje cinematográfico.
Un estudio con profesionales y no profesionales del audiovisual

tesis doctoral de
MIGUEL ÁNGEL MARTÍN-PASCUAL

Departament de Comunicació Audiovisual i Publicitat
Facultad de Ciencias de la Comunicación
Universitat Autònoma de Barcelona
&
Instituto de RadioTelevisión Española
Corporación RTVE
&
Neuro-Com Research Group

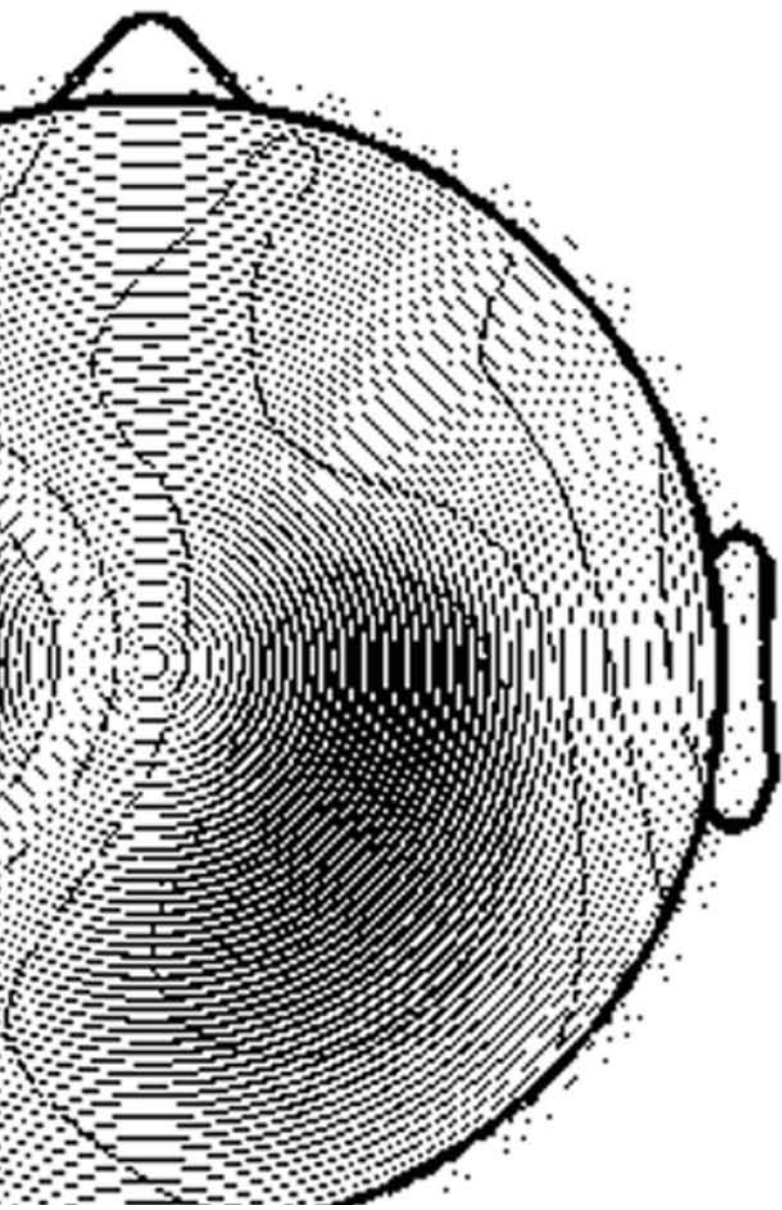
dirigida por
ESTEVE RIAMBAU MÖLLER

Departament de Comunicació Audiovisual i Publicitat
Facultad de Ciencias de la Comunicación
Universitat Autònoma de Barcelona
&
Filmoteca de Catalunya
Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya

TESIS DOCTORAL
2015

Doctorado en Comunicación Audiovisual y Publicidad
Universitat Autònoma de Barcelona

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona





Mirando la Realidad Observando las Pantallas

Activación diferencial en la percepción visual del movimiento real y aparente audiovisual con diferente montaje cinematográfico. Un estudio con profesionales y no profesionales del audiovisual.

Doctorando:

Miguel Ángel Martín-Pascual

Departament de Comunicació Audiovisual i Publicitat
Facultad de Ciencias de la Comunicación
Universitat Autònoma de Barcelona

Instituto RTVE Barcelona. Corporación RTVE

Neuro-Com Research Group

Director:

Doctor Esteve Riambau Möller

Departament de Comunicació Audiovisual i Publicitat
Facultad de Ciencias de la Comunicación
Universitat Autònoma de Barcelona

Filmoteca de Catalunya. Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya

TESIS DOCTORAL
2015

Doctorado en Comunicación Audiovisual y Publicidad
Departament de Comunicació Audiovisual i Publicitat
Facultat de Ciències de la Comunicació
Universitat Autònoma de Barcelona



Universitat Autònoma de Barcelona

Sumario

Dedicatoria **9**

Agradecimientos **11**

Resumen

Español **13**

Inglés **16**

Lista de abreviaturas **19**

Lista de figuras **21**

Lista de tablas **26**

Justificación de la investigación **29**

1. Introducción **31**

1.1. Ciencias de la Comunicación y Neurociencias **33**

1.1.1. Neuromarketing **36**

1.1.2. Neuroestética **39**

1.1.3. Neurocinemática **44**

2. Planteamiento de la Investigación **49**

2.1. Objetivos **51**

2.2. Hipótesis **53**

2.3. Variables **55**

3. Marco teórico y estado de la cuestión **57**

3.1. El Lenguaje como algoritmo **59**

3.1.1. Nurture versus Nature **60**

3.2. El Mundo como simulación **67**

3.2.1. El Modelo MPF en la Práctica	72
3.2.2. Joaquín Fuster y los Cognits	75
3.3. Los Audiovisuales como simulacro	81
3.3.1. El Cine, ¿es un lenguaje?	84
3.4. La Percepción cinemática	89
3.4.1. La Persistencia Retiniana como hipótesis errónea	91
3.4.1.1. Precedentes	96
3.4.1.2. Münsterberg ilumina	99
3.4.1.3. The Magnificent Andersons	105
3.4.1.4. Phi y Beta	112
3.4.2. El movimiento real y el movimiento aparente	122
3.4.2.1. Percepciones previas	123
3.4.2.2. Miradas, detectores, aperturas y cerebros	126
Miradas	127
Detectores y ventana de visibilidad	130
El Problema de la Apertura	137
La Integración del movimiento	139
3.4.2.3. Cómo vemos el cine	149
Ilusiones estroboscópicas y realidad discontinua	149
Detectores y movimiento aparente	151
Fotogramas y <i>frames</i>	153
El cine y la realidad	156
3.4.3. Patrones fílmicos atencionales	158
3.4.3.1. Continuidad: el espectáculo con reglas	163
3.4.3.2. La continuidad en el cerebro	166
3.4.3.3. Más rápido, aún más rápido, más oscuro	174
3.5. Las Preguntas de Walter Murch	181
3.5.1. Las respuestas de Nakano	186
3.5.2. Las respuestas de Tim Smith	191

- 3.6. El Parpadeo **199**
 - 3.6.1. Anatomía del Párpado **201**
 - 3.6.2. Neurofisiología del Parpadeo **203**
 - 3.6.3. El Parpadeo como ayuda al diagnóstico **208**
- 3.7. La Electroencefalografía en neurocinemática y comunicación **211**
 - 3.7.1. El Precedente **212**
 - 3.7.2. El EEG como herramienta **217**
 - 3.7.3. Ruidos en la fiesta, el problema inverso y más **235**
 - 3.7.4. Caracterización del Parpadeo en la señal de EEG y EOG **249**
 - 3.7.5. Caracterización e inhibición del Ritmo mu **254**
 - 3.7.6. La influencia de la especialización **258**

4. Materiales y Métodos **267**

- 4.1. Elección de sujetos **269**
- 4.2. Diseño experimental **273**
 - 4.2.1. Diseño de estímulos **274**
 - 4.2.2. Presentación de estímulos **277**
 - 4.2.3. Aprobación del comité de ética **282**
- 4.3. Técnicas y métodos de recolección de datos **285**
- 4.4. Procesamiento de datos **291**
 - 4.4.1. Parpadeos **292**
 - 4.4.2. EEG **296**

5. Análisis de Datos y Resultados **301**

- 5.1. Frecuencia de parpadeo **303**
 - 5.1.1. La frecuencia de parpadeo según el tipo de estímulo **310**
 - 5.1.2. La frecuencia de parpadeo según el tipo de montaje **314**
 - 5.1.3. La frecuencia de parpadeo según el tipo de sujeto **320**

5.2. Desincronización del ritmo mu	325
5.2.1. La desincronización del ritmo mu según el tipo de estímulo	327
5.2.2. La desincronización del ritmo mu según el tipo de montaje	335
5.2.3. La desincronización del ritmo mu según el tipo de sujeto	342
5.2.3.1. Profesionales versus no profesionales en acción agarrar	342
5.2.3.2. Profesionales versus no profesionales cambio de plano	346
5.3. Córtex visual	351
5.3.1. El córtex visual según el tipo de estímulo	352
5.3.2. El córtex visual según el tipo de montaje	357
5.3.3. El córtex visual según el tipo de sujeto	362
5.2.3.1. Profesionales versus no profesionales en acción agarrar	362
5.2.3.2. Profesionales versus no profesionales cambio de plano	365
5.4. Limitaciones y futuras investigaciones	369

6. Conclusiones **373**

7. Glosario **379**

8. Bibliografía citada **385**

Anexos **423**

Anexo 1. *Storyboard* de los estímulos en video **425**

Anexo 2. Imágenes de la construcción del laboratorio EEGLAB **437**

Anexo 3. Documentación aprobada por la comisión de Ética CEEAH **443**

Dedicatoria

A mis padres, Ángel Martín Ferreiro y Patrito Pascual García. Les debo las cosas buenas. A mi madrina, Aurelia Martín. A mis hermanos Javier y Fernando, que son todo. A mis sobrinos Sofía, Fernando y Raúl. A Celia, que sin ella no es. Y, siempre, a Jose.

Gracias a Esteve Riambau de la UAB. Sus consejos, su sensibilidad humanista, como historiador riguroso, su amor al cine y sus conocimientos de ciencias naturales, como médico, han regalado al autor la posibilidad de plantearse este trabajo.

citación provisional: Martín-Pascual, Miguel Ángel. 2015. *Mirando la Realidad, Observando las Pantallas. Activación diferencial en la percepción visual del movimiento real y aparente audiovisual con diferente montaje cinematográfico. Un estudio con profesionales y no profesionales del audiovisual.* Bellaterra. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias de la Comunicación. Universidad Autónoma de Barcelona, UAB / Instituto RTVE, Corporación RTVE.
miguelangel.martin@uab.cat

Agradecimientos

Gracias a Agnès Gruart y José María Delgado-García desde la División de Neurociencias de la UPO por la confianza y mostrar que la ciencia puede ser inteligente pero está mojada de sudor todos los días, incluyendo fines de semana y festivos. Gracias a José Antonio Santos y a Raudel Sánchez-Campusano por sus consejos bibliográficos y amistad. A Juan Antonio Gamero por la edición audiovisual de los estímulos. A Bruno Tagliaferri desde Kansas, y sus fines de semana, antes de ser padre, programando para un desconocido para que funcionen los triggers en las películas. A Andrew Watson del grupo de Percepción y Cognición del centro AMES de la NASA. A Risto Miikkulainen, del Departamento de Ciencias de la Computación, de la Universidad de Texas en Austin. A Josep Magliano, del Departamento de Psicología de la Universidad de Northern Illinois. A James Cutting, desde la Universidad de Cornell. A Santi Gómez de RTVE, que ya no está con nosotros, por construir el laboratorio sin dudar más de lo necesario para que funcionase. A la Biblioteca de Comunicación y Hemeroteca General de la UAB por encontrarlo todo.

A Mila, Mercedes, Maite, Euge, las Sahún y Alberto. A Andrés Mora, Montse Santamarina, Ernest Verdura, Laia Sánchez, Albert Gombau, Juan Carlos Romero, Toni Vidal, Núria Garcia y a Xavi Vela, que siempre están.

Gracias especialmente a todos los trabajadores de RTVE y los voluntarios que de manera desinteresada se prestaron a estos experimentos. Sin ellos, esta tesis terminaría en esta página. Gracias. Gracias por la ayuda a Carmen Franco y Santiago Hernández en el Instituto RTVE en Barcelona y a Jesús Verdugo en Madrid.

A Esteve Riambau de la UAB y Filmoteca de Catalunya, gracias de nuevo por dirigir y su confianza y amabilidad. También a su mirada laser que organiza, pule y da esplendor.

Gracias a los seres queridos que he visto menos por culpa de esto.

A Celia Andreu-Sánchez, co-investigadora en este proyecto, sin su ayuda, guía o discusiones no se habría hecho. Todas las investigaciones han sido financiadas por el grupo Neuro-Com, compuesto por ella y yo mismo, y no han contado con ningún tipo de ayuda

económica o subvención. Declaro libre de intereses y compromisos ajenos todas las investigaciones originales presentadas aquí.

Todos los errores que pueda haber, siempre los hay, los he conseguido yo sólo a través de mecanismos sorprendentes y procesos seguramente muy ingeniosos. Son, por tanto, mi responsabilidad.

Resumen

Objetivos

Esta investigación tiene tres objetivos concretos y uno más general. El primero consiste en averiguar si hay alguna diferencia en los procesos perceptivos cerebrales mirando la realidad u observando imágenes en pantallas. El segundo es saber si, a través de las pantallas, hay diferencias entre la observación de hechos sin interrupción, en secuencias continuas, y diferentes tipos de montaje audiovisual, tanto el que sigue las reglas de la continuidad de la edición, el conocido como *Hollywood style*, como un montaje más intenso, tipo videoclip o *MTV style*. El tercer objetivo concreto, consiste en investigar si los expertos y los profesionales de la imagen audiovisual perciben de manera diferente esas fuentes de imagen y los distintos tipos de montaje, y si su trabajo intensivo con pantallas, crea diferencias en el proceso perceptivo respecto a los legos, meros espectadores consumidores de imágenes. Un objetivo más general de este trabajo, es aproximar los avances, enfoques y técnicas de las Neurociencias a las Ciencias de la Comunicación, que actualice ideas por este lado y mejore las preguntas audiovisuales por aquel, comenzando un diálogo fecundo bidireccional que permita nuevos enfoques, explicaciones y objetivos de estudio.

Marco teórico y estado de la cuestión

Para ello, se caracterizan tres disciplinas neurocientíficas próximas a las Ciencias de la Comunicación, el Neuromarketing, la Neuroestética y la Neurocinemática. Como marco teórico y estado de la cuestión, se repasa el debate sobre el origen natural o cultural del lenguaje, las teorías sobre la creación de modelos del mundo a partir de las ideas de Vernon Mountcastle, sobre un algoritmo común cortical, Jeff Hawkins y su teoría del marco de memoria-predicción para la inteligencia y los *cognits* de Joaquín Fuster, entre otras. Se cuestiona la idea del cine como lenguaje y se recoge la idea del cine como un modelo del mundo coherente con nuestra percepción de la realidad. Después, con perspectiva histórica y neurocientífica, se analiza la percepción cinemática. Se rebate la hipótesis errónea de la persistencia retiniana como explicación de la percepción del movimiento aparente y se repasan los hitos históricos sobre el avance en la comprensión de la percepción del movimiento real y aparente. Se concluye que vemos el cine a través de los mismos mecanismos que percibimos el resto de la realidad: películas y realidad se ven igual, a través de procesos discontinuos. La detección de movimiento usa los mismos detectores de contornos en el cine y la vida. El

sistema de la visión está diseñado para rellenar (*fills in*) los vacíos perceptivos. Y por último, para nuestro sistema de visión, todo movimiento es, en realidad, aparente. Posteriormente, se repasan los patrones fílmicos atencionales y los saltos perceptivos que supone el montaje audiovisual en experimentos psicológicos y en investigaciones neurocientíficas sobre los cambios de plano, explicando también las reglas clásicas de la continuidad de la edición y las tendencias contemporáneas de montaje intensificado. Se tratan entonces las intuiciones de un montador de Hollywood, Walter Murch, sobre el parpadeo como marcador de atención en el montaje audiovisual y se recogen diversas investigaciones sobre el montaje audiovisual. Se caracteriza el parpadeo fisiológica y neurológicamente y se trata la electroencefalografía, EEG, técnica de elección en esta investigación, su utilidad en Ciencias de la Comunicación y se significan los trabajos pioneros de Henri Gastaut con EEG, proyectando imágenes cinematográficas en 1954. Se caracterizan aspectos de la investigaciones con EEG, como su significado, la revolución matemática en la construcción de modelos cerebrales del EEG, la dinámica cerebral, la supresión del ritmo mu y la influencia de la especialización en los procesos cognitivos y estéticos.

Investigación y resultados

Para cumplir los objetivos iniciales de esta investigación, se diseña un laboratorio y se emplean técnicas de electroencefalografía, EEG. Se utilizan 40 sujetos, 20 profesionales del audiovisual y 20 no profesionales para investigar la frecuencia de parpadeo; y 20 sujetos, 10 profesionales y 10 no profesionales, para investigar, en conjunto, la desincronización del ritmo mu y el trabajo del córtex visual. En cuanto a los parpadeos, recientemente se están empleando como marcadores de atención, en diagnosis clínica y en contextos de comunicación. La inhibición del parpadeo parece ser un sistema para minimizar la pérdida de información importante o útil para el observador. También se sabe que la frecuencia espontánea de parpadeo (*spontaneous blink rate*, SBR) disminuye durante tareas que demandan atención. Una de las intenciones de este estudio es estudiar las diferencias de la SBR en pantallas y el mundo real. También averiguar si hay diferencias en el SBR en diferentes estilos de montaje audiovisual y entre profesionales y legos del audiovisual. Para ello, se presentan a los sujetos, en orden aleatorio, cuatro estímulos con la misma narrativa, pero estilos diferentes: tres videos con distintos estilos de edición, un plano secuencia sin interrupción, una edición siguiendo las reglas de la continuidad narrativa del cine clásico, *Hollywood style*, y una edición con montaje intensificado, tipo videoclip, que podemos llamar *MTV style*. El cuarto estímulo es una actuación teatral en directo, de la misma duración, aproximadamente. En el visionado

en pantalla de los estímulos se registró, como era de esperar, por estudios precedentes, una SBR inferior con respecto a la actuación real teatral, y en los videos, además, era inferior cuantos más cortes de plano presentara el estímulo. Luego, la SBR se ve influida por el estilo de montaje. Los profesionales mostraron una SBR muy inferior a los no profesionales, también en la observación de la realidad. Se supone que esto es una consecuencia de la práctica profesional, la atención dirigida y el uso intensivo de pantallas por parte de este colectivo. En cuanto a los estudios a través de EEG, se utiliza la visualización y análisis principalmente a partir de las perturbaciones espectrales asociadas a eventos (*event related spectrum perturbation*, ERSP). Es conocido que el ritmo mu (μ), en la zona premotora, se desincroniza cuando hay estimulación táctil, movimientos contralaterales o imaginación del movimiento teleológico. Esta desincronización se ha asociado a la activación del sistema de neuronas espejo (*Mirror Neuron System*, MNS) en humanos, sugiriendo la existencia de un mecanismo para la simulación y el aprendizaje. Hoy ya se utiliza regularmente como técnica no invasiva para el manejo de interfaces cerebro-ordenador. También sabemos que la supresión de mu ocurre cuando vemos movimientos generados por acciones de otras personas. Estudiamos, con los cuatro estímulos citados, la supresión del ritmo mu en las pantallas y observando la realidad, según los estilos de montaje y los observadores, sean profesionales o no. La desincronización de mu, fue mucho mayor en la actuación real con respecto al visionado en pantalla. También fue marginalmente relevante según los estilos de montaje, alta en el seguimiento más sencillo de la secuencia sin cortes y el *Hollywood style*. Los profesionales del montaje reaccionan menos ante el montaje de imágenes, cosa coherente con estudios que comparan a artistas, taxistas, arquitectos, músicos y bailarines profesionales, frente a no profesionales. Puede que sus sistemas de redes corticales ya tengan aprendidos los cambios y los recursos del montaje y visionado de imágenes. Esto también es coherente con estudios mediante resonancia magnética funcional (fMRI) sobre los procesos de activación de los saltos perceptivos en los cambios de plano. La desincronización de mu podría ser un marcador de percepción de realidad frente a entornos o estímulos virtuales. Y se manifiesta muy interesante para investigaciones futuras, el uso pionero del cambio de plano como marcador de eventos en el EEG. Hacen falta, evidentemente, ulteriores investigaciones con sistemas que estudien la dinámica cerebral y conexiones cognitivas de estos procesos más en profundidad

Palabras clave

Neurocinemática, parpadeo, percepción, eeg, neurocomunicación, ritmo mu, estudios cinematográficos, percepción de realidad, realidad virtual, persistencia retiniana

Abstract

Objectives

This research has three concrete objectives and a general one. The first consists in finding out if there are differences in perceptive brain processes between looking reality and watching screens. The second objective is to learn if, throughout screens, there are differences between watching action in different editing styles: one-shot movie, *Hollywood style* and *MTV style*. The third goal of this research consists in finding out if audiovisual specialization is linked to differences in perceptive processes. A more general objective in this thesis is to approach progress, methods and techniques from Neuroscience to Communication Sciences, updating ideas and improving questions. It is of interest start a fruitful dialogue that permits new focus, explanations and objects of study.

Theoretical framework and state of the art

For that, we have characterized three neuroscientific disciplines near Communication Sciences: neuromarketing, neuroaesthetics and neurocinematics. State of the art has been explained with language's origin, theories about new models of creating the world from Vernon Mountcastle's theories for a common cortical algorithm, Jeff Hawkins' memory-prediction framework theory, Joaquin Fuster's cognits, and more.

This research questions the idea of cinema as a language and develops the idea of cinema as a world's real model, related to our visual perception of reality. Also, with an historic and neuroscientific perspective, cinematic perception is analyzed. The wrong hypothesis of persistence of vision as explanation for visual perception of apparent movement is refuted. Main historic findings about the understanding of real and apparent movement, are also studied. It is concluded that we see cinema through the same mechanisms that we use to perceive the rest of the reality: films and real-world use the same discontinuous processes. Movement detection uses the same boundaries detectors in cinema and life. Vision system is designed to fill in perceptual gaps. Finally, we explain that, for our vision system, every movement is, in reality, apparent. Later, we pay attention to filmic patterns, classical editing rules and perceptual leaps that are part of audiovisual editing related to psychological and neuroscientific researches. Hollywood editor Walter Murch and his ideas about blinks as attentional markers in audiovisual editing are studied. Blink is fisiological and neurologically

characterized. Electroencephalography, EEG, is the technique used in this research, and its use and characteristics are explained in the context of Communication Sciences. Some of Henri Gastaut's pioneer works with EEG and films in 1954 are also analyzed. EEG research ideas and methods related to the technique itself, to mu rhythm and to aesthetical and cognitive processes are explained.

Research and results

In order to fulfill the objectives of this research, an EEG laboratory is designed. We worked with 40 subjects, 20 media-professionals and 20 non media-professionals, to study the spontaneous blink rate, SBR. Secondly, we worked with 10 media-professionals and 10 non media-professionals to make a research about brain perception related to mu rhythm and to visual cortex area. Here, four stimuli, with the same narrative and duration but different editing style, were randomly presented to subjects: a one-shot movie through a establishing shot; an edited movie according to institutional mode of representation (IMR) or Hollywood style; another movie edited according to an MTV style; and a real play of the same action.

Blinks are being used as attention markers, in clinic and communication contexts. Inhibition of blink rate seems to be a system to minimize the loss of important and useful information for observer. SBR decreases with attentional tasks. It is of the interest of this research to look for SBR differences when watching screens and seeing real world. Also, to find out whether there is different SBR related to different editing style, and between media-professionals and non media-professionals. Watching screens showed, as expected, a lower SBR related to real action. The more shots in the video, the less SBR, so, we conclude here that blink rate is related to the editing style of audiovisuals. Media-professionals showed a significant lower SBR in both, screens and real world. This could be consequence of their professional practice, their directed attention and their intensive work with screens.

According to EEG analysis, we have used event related spectrum perturbation, ERSP, to study differences. It is also known that mu rhythm (μ), in motor cortex is desynchronized when there is tactile stimulation, contralateral movements or imagination of the movement. This desynchronization has been linked to activation of mirror neuron system (MNS) in humans, suggesting that there is a mechanism for simulation and learning. Today, it is used as a non-invasive technique for brain-computer interface (BCI) environments. We also know that mu desynchronization occurs when we see movement generated by other's actions. Here,

we studied, with the four cited stimuli, mu rhythm suppression and desynchronization when watching screens and seeing real world, related to editing styles and related to subjects' specialization. Mu desynchronization was higher in real world than when watching screens. It was found a marginally relevant difference in mu desynchronization when watching, easier to understand, *Hollywood style*. Media-professionals showed a lower reaction when watching editing movies. It seems coherent with former studies comparing artists, taxi drivers, architects, musicians and dancers. Maybe, their cortical networks have already learned some changes when watching movies. This is also coherent with fMRI studies about perceptual processes related to shots. Mu desynchronization may be a marker of reality perception in real and virtual environments. The pioneer use of movies' cuts as events marker in EEG seems to be a very interesting area to develop further research. More investigations should be done, with other techniques, to study brain dynamics and cognitive connections in these processes, in a more deeply way.

Key words

Neurocinematics, blink, perception, eeg, neurocommunication, mu, cinema studies

Lista de abreviaturas

ACNS, American Clinical Neurophysiology Society
 AI inteligencia artificial
 AM Apparent Movement
 ANOVA Analysis of Variance
 APO Aponeurosis
 ASCII American Standard Code for Information Interchange
 ASD Autism Spectrum Disorders
 ASL Average Shot Length
 AToCC Attentional Theory of Cinematic Continuity
 B2B Transmisión cerebro a cerebro
 BBC British Broadcasting Corporation
 BCI Brain Computer Interface
 BOLD Blood Oxygenation Level Dependent
 BR Blink Rate
 CEEAH Comisió d'Ètica en l'Experimentació Animal i Humana (UAB)
 CNC Correlatos neurales de la Consciencia
 CNV Contingent Negative Variation
 CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas
 DMN Default Mode Network
 DOI Diffuse Optical Imaging
 EBA Extrastriate Body Area,
 EBU European Broadcasting Union
 ECoG ElectroCortiCografía
 EDF European Data Format
 EEG Electroencefalografía
 EMG Electromiografía
 EOG Electrooculografía
 EPS Elevador del Párpado Superior
 ERD Event-Related Desynchronization
 EROS Event-Related Optical Signal
 ERP Event Related Potential
 ERS Event-Related Synchronization
 ERSP Event-Related spectral perturbation
 EST Event Segmentation Theory
 fMRI functional Magnetic Resonance Imaging
 fps *frames* por segundo
 GLM, General Linear Model
 HD High Definition
 HTM Hierarchical Temporal Memory
 IC Independent Component
 ICA Independent Components Analysis
 IMR Institutional Mode of Representation. También Hollywood *style*. Véase MRI.
 ISC Inter-subject Correlation analysis
 ITC Inter-Trial Coherence
 ITU International Telecommunication Union
 LP Ligamentos Palpebrales
 LST Ligamento Superior Transverso
 MAE Motion Aftereffect
 MNS Mirror Neuron System
 MPF Memory Prediction Framework
 MRI Modo de Representación Institucional. También IMR.
 MRP Modo de Representación Primitivo

MT Medial Temporal Area, V5
NAcc Núcleo Accumbens
NIC Neuroelectics Instrument Controller
NIRS Near Infrared Spectroscopy
OKR Optokinetic Reflex
PCE Post-Classical Style. También *MTV Style*
PPC Posterior Parietal Cortex
ROI Region of interest
SD Standard Deviation
SMPTE Society of Motion Picture and Television Engineers
SQID Superconducting Quantum Interference Devices
TMS Transcranial Magnetic Stimulation
UAB Universitat Autònoma de Barcelona
UHD Ultra High Definition
USGS US Geological Survey
UTC Universal Coordinated Time
VEP Visual Evoked Potential
VOR Vestíbulo-Ocular Reflex
vPMC Ventral Premotor Cortex
VSDI Voltage-Sensitive Dye Imaging
WM Working Memory

Lista de figuras

- Figura 1. Triángulo de Kanizsa, uno de los ejemplos más conocidos de contornos ilusorios. Fuente: dibujo del autor modificado de Kanizsa, 1980. **117**
- Figura 2. Dos sistemas de mirar movimiento, que suponen dos rutas diferentes. Fuente: dibujo del autor, adaptado de Gregory, 2005. **127**
- Figura 3. Demostración de que el ojo nunca está quieto. Fuente: dibujo del autor, modificado de Snowden & Troscianko, 2006. **129**
- Figura 4. Esquemas de detectores de movimiento muy sencillos. Fuente: dibujo del autor adaptado de Robert Snowden et al., 2006. **132**
- Figura 5. Ventana de visibilidad. Fuente: cortesía personal de Andrew Watson, del *Technical Paper* de la SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*): *High Frame Rates and Human Vision: A view through the window of Visibility*, 2013. **136**
- Figura 6. El problema de la apertura. Fuente: dibujo del autor, modificado de Snowden & Freeman, 2004. **137**
- Figura 7. La ilusión *barber-pole*. Fuente: dibujo del autor adaptado de Snowden & Freeman, 2004. **138**
- Figura 8. Modelo informático de los detectores de movimiento espacio-temporales en un mosaico que abarcaría únicamente 142 x 142 neuronas de V1. Fuente: cortesía de Risto Miikkulainen (2003). **142**
- Figura 9. Boceto muy esquemático del recorrido supuesto de los flujos funcionales y anatómicos en el córtex cerebral de los primates. Fuente: dibujo del autor adaptado de Mcintosh et al., 1994; Sekuler et al., 2002; Ungerleider & Haxby, 1994; boceto cerebro macaco adaptado de Welker, Johnson, & Noe, 2015. **143**
- Figura 10. Flujos ópticos. Fuente: dibujos del autor adaptados de Gibson, 1950. **144**
- Figura 11. *Enigma*. Fuente: Leviant, 1982; Leviant, 1996; Bach, 2004. **146**
- Figura 12. Esquemas simplificados de modelos de campos detectores de movimiento espacio-temporales. Fuente: dibujo del autor, modificado de Adelson & Bergen, 1985; Adelson, 1991. **152**
- Figura 13. Regiones con cambios significativos cuando hay cortes de plano cinematográfico. Fuente: cortesía personal de Josep Magliano (2011), con permiso de John Wiley & Sons, 2015. **170**
- Figura 14. Cuatro tendencias a lo largo de 75 años de películas de Hollywood. Fuente: cortesía personal de James Eric Cutting, 2011. **178**
- Figura 15. Anatomía del párpado superior. Fuente: ilustración del autor, modificada de Standring 2008, Spinelli 2004 y Axenfeld 1976. **202**
- Figura 16. Esquemas de los músculos y ligamentos implicados en las fuerzas que hace el párpado superior cuando los ojos están cerrados o abiertos. Fuente: dibujos del autor adaptados de Evinger, Manning, & Sibony, 1991, izquierda y Gray's Anatomy edición de Standring, 2008, derecha. **204**

Figura 17. Portada del monográfico sobre el cerebro y el cine de la *Revue Internationale de Filmologie* de 1954. Fuente: Centre de Recherches Filmologiques, Presses Universitaires de France (Eds.) (1954). **212**

Figura 18. Dos mundos de la captación electroencefalográfica. Fuentes: a. EEG U16-02 16-channel de SKTB Biofizpribor, Leningrad. Translated from *Meditsinskaya Tekhnika*, Vol. 1, No. 1, pp. 23-26, January-February, 1967 (Kozlyaninova & Suntsov, 1967) y b. fotografía del autor. **214**

Figura 19. Ritmo *en arceau*. Fuente: reproducción parcial de Gastaut & Bert, 1954. **214**

Figura 20. Simulación de dipolo y mapas reales de campo en instantes determinados. Fuente: elaboración propia. **225**

Figura 21. Matriz de datos de EEG. Fuente: elaboración propia. **241**

Figura 22. Dipolos extraídos del *dataset* preprocesado del sujeto 12 de esta investigación que presentaremos, en condición de observación del estímulo del plano secuencia en pantalla. Fuente: elaboración propia. **244**

Fuente 23. Diferentes técnicas de discriminación de componentes y señales en EEG. Fuente: adaptado, traducido y modificado de Koenig, 2014. **245**

Figura 24. Esquema del criterio aceptado para decidir la duración, T, de un parpadeo en las mediciones electrooculográficas (EOG). Fuente: Dibujo del autor adaptado de Svensson, 2004. **250**

Figura 25. Señal de un parpadeo en EEG. Fuente: elaboración propia. **251**

Figura 26. Distribución de los cortes de plano en cada uno de los estímulos utilizados. Fuente: elaboración propia. **275**

Figura 27. Ejemplo de fotogramas del estímulo con un único plano secuencia. Fuente: elaboración propia. **276**

Figura 28. Ejemplo de fotogramas del estímulo según Modo de Representación Institucional (IMR) o *Hollywood style*, con PG, PP, PM, PD. Fuente: elaboración propia. **276**

Figura 29. Ejemplo de fotogramas del estímulo con edición post-clásica, *MTV style*, con PG, PP, PM, PD, movimientos de cámara, planos desenfocados, saltos de eje, picados y contrapicados. Fuente: elaboración propia. **276**

Figura 30. Diseño con SketchUp del laboratorio EEGLab, para la presentación de estímulos. Fuente: elaboración propia. **278**

Figura 31. Ejemplo de distribución en el tiempo de la presentación de los estímulos. Fuente: elaboración propia. **279**

Figura 32. Mapa de conexiones de EEGLab. Fuente: elaboración propia. **281**

Figura 33. Registro electroencefalográfico durante esta investigación. Fuente: elaboración propia. **286**

Figura 34. Situación de los 20 electrodos utilizados en esta investigación, situados según el sistema 10-20, propuesto por la Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica (American Clinical Neurophysiology Society, ACNS). Fuente: elaboración propia, Neuro-Com Research Group, a partir de ACNS con NIC®. **287**

Figura 35. Modelo de encuesta realizado al finalizar la presentación de los estímulos. Fuente: elaboración propia. **290**

- Figura 36. Registro de EEG con varios parpadeos. Fuente: elaboración propia. **293**
- Figura 37. Imagen del registro de un sujeto. Fuente: elaboración propia, uso con consentimiento del sujeto. **294**
- Figura 38. Cuarta página de una configuración de un STUDY generado en EEGLAB para el análisis de la señal electroencefalográfica. Fuente: elaboración propia. **299**
- Figura 39. Media de la frecuencia de parpadeo en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación. Fuente: elaboración propia. **304**
- Figura 40. Frecuencia de parpadeo de los 40 sujetos en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación: en el plano secuencia, en el montaje *Hollywood style*, en el montaje *MTV style* y en la acción real. Fuente: elaboración propia. **304**
- Figura 41. Media de la frecuencia de parpadeo en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación (plano secuencia, montaje *Hollywood style*, montaje *MTV style* y acción real) en sujetos profesionales y no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **306**
- Figura 42. Frecuencia de parpadeo de los 20 sujetos profesionales y los 20 no profesionales en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación. Fuente: elaboración propia. **307**
- Figura 43. Comparativa en la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **321**
- Figura 44. Comparativa en la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales del audiovisual, dividida por estímulos. Fuente: elaboración propia. **322**
- Figura 45. ERSPs de la desincronización del ritmo mu en acción real frente a pantalla en C3 y C4. Fuente: elaboración propia. **328**
- Figura 46. Comparativa de poder espectral en un promedio de C3, Cz y C4, en la condición de tipo de estímulo: realidad versus pantalla. Fuente: elaboración propia. **330**
- Figura 47. Caracterización del *cluster a*. Fuente: elaboración propia. **331**
- Figura 48. ERSP del *cluster a*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación de acción real frente a pantalla. Fuente: elaboración propia. **331**
- Figura 49. Caracterización del *cluster b*. Fuente: elaboración propia. **332**
- Figura 50. ERSP del *cluster b*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación de acción real frente a pantalla. Fuente: elaboración propia. **332**
- Figura 51. ERSPs de la desincronización del ritmo mu en los montajes según *Hollywood style* y *MTV style* en C3 y C4. Fuente: elaboración propia. **335**
- Figura 52. Comparativa de poder espectral en un promedio de C3, Cz y C4, en la condición de tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Fuente: elaboración propia. **337**
- Figura 53. Caracterización del *cluster c*. Fuente: elaboración propia. **338**

Figura 54. ERSP del *cluster c*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación en función del tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Fuente: elaboración propia. **338**

Figura 55. Caracterización del *cluster d*. Fuente: elaboración propia. **339**

Figura 56. ERSP del *cluster d*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación en función del tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Fuente: elaboración propia. **339**

Figura 57. ERSPs de la desincronización del ritmo mu vinculada a la acción de agarrar en C3 y C4 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **343**

Figura 58. ERSP del *cluster a*, de la desincronización del ritmo mu vinculada a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **345**

Figura 59. ERSP del *cluster b*, de la desincronización del ritmo mu vinculada a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **345**

Figura 60. ERSPs de la desincronización del ritmo mu vinculada al corte de plano en C3 y C4 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **347**

Figura 61. ERSP del *cluster c*, de la desincronización del ritmo mu vinculada al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **349**

Figura 62. ERSP del *cluster d*, de la desincronización del ritmo mu vinculada al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **349**

Figura 63. ERSPs del córtex visual según el tipo de estímulo (realidad o pantalla), en los electrodos occipitales O1 y O2. Fuente: elaboración propia. **352**

Figura 64. Comparativa de poder espectral en un promedio de O1 y O2, en la condición de tipo de estímulo: realidad versus pantalla. Fuente: elaboración propia. **354**

Figura 65. Caracterización del *cluster e*. Fuente: elaboración propia. **355**

Figura 66. ERSP del *cluster e*, en la comparación del tipo de estímulo: acción real frente a pantalla. Fuente: elaboración propia. **355**

Figura 67. ERSPs del córtex visual según el tipo de montaje (*Hollywood style* o *MTV style*), en los electrodos occipitales O1 y O2. Fuente: elaboración propia. **357**

Figura 68. Comparativa de poder espectral en un promedio de O1 y O2, en la condición de tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Fuente: elaboración propia. **359**

Figura 69. Caracterización del *cluster f*. Fuente: elaboración propia. **360**

Figura 70. ERSP del *cluster f*, en la comparación del tipo de montaje: *Hollywood style* frente a *MTV style*. Fuente: elaboración propia. **360**

Figura 71. ERSPs de la zona occipital vinculada a la acción de agarrar en O1 y O2 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **363**

Figura 72. ERSP del *cluster e*, del córtex visual vinculado a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **365**

Figura 73. ERSPs de la zona occipital vinculada al corte de plano en O1 y O2 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. Fuente: elaboración propia. **366**

Figura 74. ERSP del *cluster f*, del córtex visual vinculado al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. Fuente: elaboración propia. **368**

Figura 75. Boceto diseñado para la construcción del laboratorio EEGLAB. Fuente: elaboración propia. **436**

Figura 76. Diseño en AutoCAD del laboratorio EEGLAB. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE. **436**

Figura 77. Detalle del diseño (forma y medidas) realizado para el laboratorio EEGLAB. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE. **437**

Figura 78. Vista superior del diseño realizado para el laboratorio EEGLAB. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE. **437**

Figura 79. Fotografía de la construcción del laboratorio EEGLAB en las instalaciones de decorados de RTVE Sant Cugat del Vallès (Barcelona). Fuente: fotografía del autor. **438**

Figura 80. Fotografías del laboratorio terminado. Fuente: fotografías del autor. **438**

Figura 81. Fotografía de la entrada al laboratorio EEGLAB en las instalaciones del Instituto RTVE. Fuente: fotografía del autor. **439**

Lista de tablas

- Tabla 1. Algunos límites de la visión humana. Fuente: datos recogidos por Andrew Watson, 2009. **134**
- Tabla 2. Efectos cuantitativos en la frecuencia espontánea de parpadeo (*spontaneous blink rate*, SBR) en diversas circunstancias. Fuente: adaptado del laborioso trabajo de Antonio Cruz y su equipo del Departamento de Oftalmología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (Cruz et al., 2011), con 27 fuentes de la literatura sobre la frecuencia espontánea de parpadeo. **209**
- Tabla 3. Sujetos con los que hemos trabajado para el análisis de la frecuencia de parpadeo. Fuente: elaboración propia. **270**
- Tabla 4. Sujetos con los que hemos trabajado para el análisis del ritmo mu y del córtex visual. Fuente: elaboración propia. **271**
- Tabla 5. Acciones presentadas en los estímulos. Fuente: elaboración propia. **274**
- Tabla 6. Resumen de los cuatro estímulos utilizados en esta investigación. Fuente: elaboración propia. **274**
- Tabla 7. Resumen de la frecuencia de parpadeo en los estímulos analizados, con media, desviación estándar y mediana. Fuente: elaboración propia. **308**
- Tabla 8. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de estímulo (pantalla y real). Fuente: elaboración propia. **312**
- Tabla 9. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de montaje (plano secuencia, *Hollywood style* y *MTV style*). Fuente: elaboración propia. **316**
- Tabla 10. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones por pares alrededor del tipo de montaje (plano secuencia, *Hollywood style*, *MTV style*), estudiadas de manera independiente. Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración propia. **318**
- Tabla 11. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales). Fuente: elaboración propia. **321**
- Tabla 12. Valores significativos seleccionados de las diferencias en la narrativa con acciones de agarrar integradas, en la acción real y en pantalla (plano secuencia), en C3 y C4. Fuente: elaboración propia. **329**
- Tabla 13. Valores significativos seleccionados de las diferencias en la narrativa con acciones de agarrar integradas, en la acción real y en pantalla (plano secuencia), en los *clusters* a (19 componentes) y b (18 componentes). Fuente: elaboración propia. **333**
- Tabla 14. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en C4. Fuente: elaboración propia. **336**
- Tabla 15. Valores significativos seleccionados de las diferencias en los distintos tipos de montajes (*Hollywood style* y *MTV style*), en el *cluster* c (23 componentes) y el *cluster* d (17 componentes). Fuente: elaboración propia. **340**

Tabla 16. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en C3 y C4. Fuente: elaboración propia. **344**

Tabla 17. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en los *clusters* a y b. Fuente: elaboración propia. **346**

Tabla 18. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en C3 y C4. Fuente: elaboración propia. **348**

Tabla 19. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en los *clusters* c y d. Fuente: elaboración propia. **350**

Tabla 20. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de estímulo (realidad y pantalla), en O1 y O2. Fuente: elaboración propia. **353**

Tabla 21. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de estímulo (realidad y pantalla), en el *cluster* e. Fuente: elaboración propia. **356**

Tabla 22. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en O1 y O2. Fuente: elaboración propia. **358**

Tabla 23. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en el *cluster* f. Fuente: elaboración propia. **361**

Tabla 24. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en O1 y O2. Fuente: elaboración propia. **364**

Tabla 25. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en el *cluster* e. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. **365**

Tabla 26. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el cambio de plano, en O1 y O2. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. **366**

Tabla 27. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en el *cluster* f. Fuente: elaboración propia. **368**

Justificación de la investigación

En 2008 terminé mi tesina, un trabajo de investigación sobre el mito de la persistencia retiniana como explicación falsa de la ilusión óptica del movimiento aparente en cinematografía y televisión (Martín-Pascual, 2008). Allí proponía futuras investigaciones sobre el fenómeno de la percepción del movimiento en la realidad y en las pantallas audiovisuales. Sin embargo, fui muy optimista y mi bagaje de conocimientos y métodos, no me permitían acometer con solvencia neurocientífica, las investigaciones que pretendía desarrollar. Debía hacer un salto desde las Ciencias de la Comunicación hasta las Neurociencias para conseguirlo y, por el camino, hacer investigación básica. Para ello, becado por la Fundación Minerva para el estudio del cerebro, realicé una estancia en la Facultad de Optometría de la Universidad de California en Berkeley, un curso de neuroimagen en el Parque de Investigaciones Biomédicas del Hospital del Mar en Barcelona, el Máster en Psicobiología y Neurociencia Cognitiva de la Universidad Autónoma de Barcelona y todos aquellos cursos y seminarios que pude asimilar. Fui cofundador con la doctora Celia Andreu-Sánchez, que contó conmigo, del grupo de investigación Neuro-Com (www.neuro-com.es) en la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de Barcelona. Me admitieron también en el Curso Nacional de Neurociencias auspiciado por el CSIC y la Universidad Pablo de Olavide en Sevilla. Allí, el director de la División de Neurociencias, José María Delgado-García, se interesó por las aportaciones que podía hacer en la investigación con pantallas de datos y presentación de estímulos para sus experimentos. Me admitió como investigador en su grupo de investigación sobre conducta, aprendizaje y memoria de trabajo en ratas y ratones silvestres y modificados

genéticamente (<http://www.divisiondeneurociencias.es/index.php/people>). Junto con Neuro-Com y la Doctora Andreu-Sánchez, tras formarnos intensivamente en programación de aplicaciones en lenguaje C orientado a objetos (soy Oficial Apple Developer), y el sistema de visión de las ratas, diseñamos un software de presentación de estímulos y conseguimos una patente (Martín-Pascual, Andreu-Sánchez, Santos Naharro, Gruart Massó, & Delgado-García, 2011) para un dispositivo de investigación con pantallas multitáctiles tipo iPad, que fue comprada en 2014 y ha pasado a estado de producción por la empresa de instrumentación científica CIBERTEC. Actualmente nuestro diseño se utiliza en investigaciones sobre memoria de trabajo e interfaces cerebro-máquina en varias universidades. Desde Neuro-Com planteamos a la División de Neurociencias la posibilidad de hacer las deseadas y pendientes investigaciones con humanos sobre percepción de audiovisuales en grupos de profesionales del audiovisual y legos. La División de Neurociencias de la Universidad Pablo de Olavide facilitó al grupo Neuro-Com el acceso a equipos sofisticados de electroencefalografía y el Instituto RTVE en Barcelona, del cual soy el director, puso el espacio y recursos para la construcción de un laboratorio –EEGLab– encaminado a efectuar experimentos sobre percepción de audiovisuales y pantallas. Por fin, pude acometer desde el verano de 2013 hasta 2015, los ensayos científicos deseados, en paralelo a la solución de problemas del diseño de los experimentos, que muchas veces requirieron soluciones de software y desarrollos propios para hacer un diseño a medio y largo plazo de un laboratorio y un programa de investigación en Ciencias de la Comunicación a través de las Neurociencias. Todos los experimentos se han hecho con la colaboración material de la División de Neurociencias del Doctor José María Delgado-García y en el seno del grupo Neuro-Com, con la guía, ayuda o colaboración inestimable de la Doctora Celia Andreu-Sánchez. Queda mucho camino. Y en ese camino se ubica la presente tesis doctoral.

1. Introducción

Esta investigación se realiza a caballo entre las Ciencias de la Comunicación y las Neurociencias. Estas últimas, proporcionan instrumentos de análisis y teorías explicativas que es vital incorporar hoy a nuestro acervo para abrir vías de investigación en muchos procesos de percepción y comunicación. No es exagerado afirmar que estas técnicas van a revolucionar, mucho más que en la actualidad, la manera de relacionarnos con nuestros semejantes, el mundo e incluso las máquinas. Estamos muy lejos de comprender un sencillo pensamiento, pero estamos más cerca, si las preguntas que nos hacemos son las adecuadas. Nuevas teorías parecen iluminar la comprensión de lo que entendemos sin ser conscientes, la realidad de cada cual, a través de la memoria y los modelos del mundo.

Parece pertinente encuadrar previamente dónde estamos y qué se está haciendo. A veces, la técnica va por delante de explicaciones, otras veces, se queda corta para averiguar qué pasa en nuestra cabeza. Pero el camino parece fructífero y por eso estamos en las puertas de nuevos puntos de vista y nuevas disciplinas que muchas veces recogen grandes ideas del pasado, como la Gestalt o las disquisiciones de Goethe, para avanzar con paso más firme.

1.1. Ciencias de la Comunicación y Neurociencias

Desde finales del siglo pasado y con más insistencia en el actual, existe una clara tendencia a visitar áreas de conocimiento a partir de la neurociencia. Fruto de esta moda, encontramos disciplinas, o intentos de serlo, como la neuroteología, la neuroética, la neurofilosofía, la neuroeconomía, la neuropolítica, entre otras muchas áreas de conocimiento que, con interés en las actuales neurociencias, divulgan, extrapolan o revisitan su campo de estudio con mayor o menor acierto (Martín-Pascual & Andreu-Sánchez, 2015).

Se trata, en definitiva, de multitud de nuevas “neuro-disciplinas” que aspiran a actualizar su estado de la cuestión a partir de las nuevas herramientas técnicas que la neurociencia ha alcanzado en las últimas décadas. Javor, Koller, Lee, Chamberlain y Ransmayr (2013) confirman la creación del concepto de neurocultura para referirse a las ramas científicas que combinan la neurociencia con otras áreas de conocimiento. Johnson y Littlefield (2011) explican cómo en los años últimos se ha producido una traducción de la neurociencia a la neurociencia popular, esto es, se ha aplicado el conocimiento surgido en el ámbito de la neurociencia a diferentes disciplinas sociales y humanistas, tomando como verdad absoluta y objetiva todo lo que la neurociencia dice. Esta tendencia también afecta a las pseudociencias y cultura popular. Por ejemplo, el resurgimiento de la creencia de que sólo utilizamos un 10% de nuestra capacidad cerebral, como propugna la “Dianética” (Martín-Pascual, 2008) o películas hollywoodenses como *Lucy* (Besson, 2014), protagonizada por Scarlett Johansson. Evidentemente, si estamos sanos, usamos todo nuestro cerebro, con mayor o menor acierto, según la persona. De algún modo, estamos ante un “neuro-todo”.

Este interés hacia la neurociencia parece justificarse, en parte, gracias a investigaciones como la de Weisberg, Keil y Goodstein (2008) que demostraban cómo una explicación que poseía información neurocientífica generaba más credibilidad e interés que una argumentación carente de elementos neurocientíficos. Los datos neurocientíficos (Weisberg et al., 2008) o imágenes del cerebro (McCabe & Castel, 2008), por muy irrelevantes que sean, ofrecen explicaciones más satisfactorias y persuasivas tanto para el público experto como para el no experto. Otro motivo de este interés es la creación de nuevos puentes entre la neurociencia y la sociedad. Cada vez más, los medios de comunicación cubren información científica procedente de la neurociencia (O'Connor, Rees, & Joffe, 2012; Racine, Waldman, Rosenberg, & Illes, 2010) y son más los investigadores que dedican su esfuerzo en divulgar qué se sabe del cerebro. Los divulgadores científicos y los medios de comunicación, que muestran neuroimágenes como si el cerebro funcionando fuese un árbol de Navidad coloreado, donde podemos observar y conocer supuestamente los pensamientos en directo, también han tenido mucho que ver. El cerebro parece ser el nuevo corazón del consumidor, no siempre protegido de razonamientos autoritarios que, con cobertura pseudocientífica, apelan a sus sentimientos para vender más (Andreu-Sánchez & Martín Pascual, 2014). Muchas veces la neurociencia se usa para validar un pensamiento o una idea como científica pero en otras muchas ocasiones nos están pidiendo un acto de fe. La paradoja es justificar argumentos o comportamientos con la lógica y la razón, que aparentemente provienen de la neurociencia. Simplemente añadiendo alguna referencia al cerebro, parece que una verdad científica sustituye a una mentira opinable (Andreu-Sánchez & Martín Pascual, 2014).

En este contexto, este aumento de disciplinas que desean usar la neurociencia para explicar sus conocimientos, resulta comprensible. Independientemente de la sociología de la ciencia, los logros neurocientíficos han abierto una nueva puerta y han aportado brisa fresca para actualizar conceptos y facilitar nuevos enfoques a los problemas perceptivos. En el caso de las Ciencias de la Comunicación, la conexión con las Neurociencias queda justificada por el propio campo de estudio de los procesos comunicativos. Hoy podemos actualizar, confirmar, corregir o aclarar bastantes ideas obsoletas que, por inercia o falta de trasvase transdisciplinar, sobreviven en los fundamentos de viejas teorías. Los avances neurocientíficos están permitiendo nuevos enfoques y, sobre todo, actualizaciones teóricas y prácticas conectadas con las teorías modernas de la percepción, la psicología cognitiva o la teoría cognitiva del film.

Las Ciencias de la Comunicación en su sentido amplio, incluyendo la comunicación audiovisual, el periodismo y la publicidad, no han querido quedarse apartadas de esta realidad. Por ello, cada vez son más las nuevas áreas de conocimiento que surgen para unir el saber neurocientífico con el propio de las ciencias de la comunicación y que abrirán nuevos caminos para mejorar nuestros conocimientos en los procesos de comunicación. Algunas de las áreas más relevantes desarrolladas en los últimos años son el neuromarketing, la neuroestética y, especialmente interesante para este trabajo, la neurocinemática. Vamos a tratar brevemente sus aportaciones, si bien dispares y a veces poco difundidas aún, para avanzar en la presente investigación con cimientos comprobados.

1.1.1. Neuromarketing

“In the advertising industry, you can see neuromarketing as an attempt to make the “art” of advertising into a science”
Lone Frank, 2009

El neuromarketing es una de las disciplinas creadas a partir de la unión de las técnicas neurocientíficas y el conocimiento comunicativo que más éxito parece tener en la actualidad. A partir del uso de técnicas no invasivas procedentes de la neurociencia, estudia el mensaje publicitario y la estrategia de marketing que una marca o campaña pueden llevar a cabo. El objetivo suele ser, como en el marketing, un aumento de ventas del producto de los anunciantes y una estrategia de comunicación más eficaz.

El marco teórico del neuromarketing se ha ido creando durante la primera década del siglo XXI. Existe consenso de que fue el profesor Ale Smidts (2002), quien acuñó este término con ideas procedentes de la economía. La publicación en 2004 en la prestigiosa revista *Neuron* de una investigación con resonancia magnética funcional sobre Coca-Cola y Pepsi (McClure, Li, Tomlin, Cypert, Montague, & Montague, 2004) supuso la entrada de los estudios en neuromarketing en la investigación científica de primer nivel. Uno de los principales hallazgos de esta investigación, fue el distinto comportamiento cerebral de determinadas áreas cerebrales de los sujetos participantes en el estudio, cuando estos conocían la marca que estaban bebiendo frente a cuando ignoraban qué marca de cola estaban ingiriendo. Así, los investigadores determinaron un efecto especialmente reseñable en el caso de Coca-Cola.

Durante esos primeros años de su implantación en el ámbito académico, el neuromarketing provocó algunas críticas de índole ética dado que se llegaba a pensar que se descubriría el *botón de compra* del cerebro, dejando a los consumidores indefensos frente a un estímulo publicitario (*Nature Neuroscience*, 2004). Sin embargo, pronto se defendió como un área de investigación no sólo con aplicaciones comerciales sino también con posibilidad de dar respuestas a qué sucede ante estímulos de marketing (Lee, Broderick, & Chamberlain, 2007).

Desde que se presentara esta disciplina, se ha producido un claro aumento de publicaciones científicas sobre neuromarketing en revistas especializadas de alto nivel (Andreu-Sánchez, Contreras-Gracia, & Martín-Pascual, 2014).

Actualmente, el neuromarketing se presenta como una opción de acceso a información que complementa las estrategias de mercado tradicionales (Venkatraman, Clithero, Fitzsimons, & Huettel, 2012) que no puede reemplazar los métodos tradicionales de comprensión del consumidor (Keller, 2008). No es, pues, la solución definitiva al conocimiento del comportamiento de estos consumidores, sino que ofrece información de alta relevancia para la estrategia de venta de un producto o servicio que debe ser sumada a todo el conocimiento que el marketing tradicional sigue aportando (Venkatraman, Clithero, Fitzsimons, & Huettel, 2012). De alguna manera, complementa teorías y modelos tradicionales con origen en la economía, la psicología o el marketing (Plassmann, Ramsøy, & Milosavljevic, 2012). Se presenta un nuevo entendimiento de los mecanismos neurológicos que se llevan a cabo en la toma de decisiones que pueden ser usados y explotados para comprender las preferencias de una marca por el consumidor (Venkatraman et al., 2012). En este sentido, el conocimiento alcanzado es susceptible de aplicarse al precio de un producto, la estrategia de elección, la experiencia del consumidor e incluso el uso de su memoria en la toma de decisión de una compra (Venkatraman et al., 2012). Salazar (2011) presenta una interesante tabla comparativa de las principales técnicas usadas en el marketing distinguiendo las diferencias entre las sesiones de grupo, las encuestas y el uso del neuromarketing. Mientras que las sesiones grupales y las encuestas aspiran a comprender la conducta del consumidor, el neuromarketing pretende conocer la reacción neuronal. Otra diferencia relevante que destaca Salazar (2011) es la fundamentación de cada área de conocimiento: las sesiones grupales lo hacen en la psicología, las encuestas en las matemáticas y la estadística y el neuromarketing en la neurociencia. Por otro lado, algunas de las principales desventajas del uso del neuromarketing frente a la tradicional investigación de mercados reside en el coste de la investigación, teniendo en cuenta la dificultad de acceder a determinadas técnicas de registro y análisis de datos, así como la necesidad de personal cualificado y altamente especializado.

Recientemente, se ha llevado a cabo una investigación sobre la situación del neuromarketing en España (Andreu-Sánchez, Contreras Gracia, & Martín-Pascual, 2014). Algunos resultados interesantes alcanzados son que, mientras que la quinta parte de las universidades españolas poseen alguna línea de investigación en neuromarketing, no existe

ninguna publicación científica en revistas de primera línea internacional llevada a cabo por estas universidades. A su vez, una quinta parte del sector profesional de publicidad y comunicación (agencias de publicidad y empresas de investigación de mercados) tiene un departamento de neuromarketing u ofrece dicho servicio. Existiendo, aún así, una abrumadora mayoría del sector profesional que no trabaja en neuromarketing. De alguna manera, parece que estamos ante un ámbito de conocimiento que, si bien provoca mucho ruido mediático, no presenta públicamente grandes resultados científicos. Los autores de la investigación llevada a cabo en España creen posible que el avance del conocimiento en neuromarketing se esté llevando en el entorno profesional y que, por intereses económicos privados, no se haga público. Esto ya lo presumían Fisher, Chin y Klitzman (2011) al comprender que este nuevo campo ejemplificaba las problemáticas relaciones éticas entre la industria y el sector académico.

Entre las técnicas más usadas en el neuromarketing, encontramos la *electroencefalografía* y el *eye tracking*. Algunos estudios recientes que investigan la neurociencia del consumidor agrupan ambas técnicas para complementar resultados de una y otra (Khushaba, Wise, Kodagoda, Louviere, Kahn, & Townsend, 2013; Plassmann et al., 2012; Plöchl, Ossandón, & König, 2012; Touyama, 2012) y sugieren algunos usos interesantes en el campo del neuromarketing en el futuro próximo. Entre ellos, destaca el uso de la neurociencia como una herramienta que puede contribuir a una mejor comprensión de la psicología que se encuentra bajo las marcas; la posibilidad de predecir las elecciones del consumidor gracias a biomarcadores que muestran las respuestas del consumidor a estímulos publicitarios; el establecimiento de relaciones significativas entre el comportamiento del consumidor y su cerebro en tiempo real; la neurociencia como base para la creación de teorías nuevas que puedan hacer comprender los mecanismos presentes en la psicología del consumidor.

1.1.2. Neuroestética

“Credo (manifesto of physiological facts):

All visual art must obey the laws of the visual system. The first law is that an image of the visual world is not impressed upon the retina, but assembled together in the visual cortex. Consequently, many of the visual phenomena traditionally attributed to the eye actually occur in the cortex. Among these is visual motion. The second law is that of the functional specialization of the visual cortex, by which we mean that separate attributes of the visual scene are processed in geographically separate parts of the visual cortex, before being combined to give a unified and coherent picture of the visual world. The third law is that the attributes that are separated, and separately processed, in the cerebral cortex are those which have primacy in vision. These are colour, form, motion and, possibly, depth. It follows that motion is an autonomous visual attribute, separately processed and therefore capable of being separately compromised after brain lesions. It is also one of the visual attributes that have primacy, just like form or colour or depth. We conclude that it is this separate visual attribute which those involved in kinetic art have tried to exploit, instinctively and physiologically, from which it follows that in their explorations artists are unknowingly exploring the organization of the visual brain though with techniques unique to them”.

Semir Zeki & Matthew Lamb, 1994

El campo de la neuroestética tiene un objetivo claro: entender las leyes responsables de la belleza y la estética. En el ámbito de las ciencias de la comunicación, conocer estas leyes puede ser de gran interés para la creación de mensajes audiovisuales eficaces. Aunque el concepto propiamente dicho fue creado finalmente en 1999, por el profesor Semir Zeki (1999), se trata de un área de conocimiento que en años anteriores ya había obtenido interés centrando la atención, sobre todo, en la percepción visual (Zeki & Lamb, 1994). La neuroestética aspira a trabajar uniendo el conocimiento del arte con el del cerebro. El origen es conocer la relación existente entre la parte visual del cerebro y uno de sus mayores productos, el arte (Zeki, 1999). Y para ello se partió de lo que se sabía en torno a la percepción visual y la especialización de áreas cerebrales como, por ejemplo, la V4 o la V5 (Middle Temporal Area, MT) en la visión del color o el movimiento, respectivamente.

A partir de aquí, la neuroestética ha sido objeto de un gran interés por parte de grandes neurocientíficos dispuestos a estudiar las conexiones entre las funciones del arte y las del cerebro (Rose, 2004; Skov & Vartanian, 2009). En muchas ocasiones, se ha buscado

entender las conexiones entre un estilo artístico y el comportamiento del cerebro de los creadores o espectadores. Umiltà, Berchio, Sestito, Freedberg y Gallese (2012), por ejemplo, estudian el comportamiento del sistema de la corteza motora en la percepción del arte abstracto. En este contexto, las patologías neurológicas han jugado un importante papel para averiguar relaciones de áreas del cerebro dañadas y sus correspondientes comportamientos cognitivos y manifestaciones artísticas (Sacks, 1985/2006). Hay ocasiones en que las disfunciones cerebrales se enlazan con la creación artística, el llamado *Outsider Art* (Rhodes, 2000), que produce interesantes resultados que pueden darnos pistas sobre la producción creativa. La producción del *Outsider Art* trasciende el ámbito hospitalario para producirse en auténticos centros dedicados a la producción e investigación plástica y pictórica, como puede ser el *Creative Growth Art Center* en Oakland, California (Andreu-Sánchez & Martín-Pascual, 2010; Martín-Pascual & Andreu-Sánchez, 2014). También en el mundo cinematográfico encontramos experiencias muy interesantes donde se imbrican déficits neurológicos tanto en la temática de la película, caso relativamente frecuente, como en el creador de la misma simultáneamente, cosa mucho más excepcional. Sería el caso de Joaquim Jordà en su obra tardía y, en especial, en la película *Monos como Becky* (Jordà & Villazán, 1999). Jordà, que sufrió un ictus que le provocó secuelas neurológicas importantes (agnosia y narcolepsia, entre otras), integraba su situación en las películas, ya fuera con su presencia, su motivación o con la mezcla de géneros (Barceló & Fernández de Castro, 2001). En *Monos como Becky* el diálogo entre director y actores se convierte en un discurso sobre la locura y la normalidad, donde se borran los personajes con el discurso de sus propias vidas (Riambau, Salvadó, & Torreiro, 2006).

En el ámbito neurocientífico, Zeki y Lamb (1994) presentaron un Credo o manifiesto de hechos fisiológicos acerca de la neurología del “kinetic art” o arte cinético. En este Credo, impreso al comienzo de este apartado, partían de la idea de que todo arte visual debe obedecer las leyes del sistema visual. La primera ley indica que los fenómenos visuales acontecen en el córtex visual y no en la retina. La segunda indica la especialización funcional del córtex visual de tal manera que, previo a la combinación y el sentido coherente de un cuadro, los diferentes atributos de una escena visual son procesados de manera independiente en áreas específicas del córtex visual. La tercera ley indica que aquellos atributos que son percibidos de manera independiente en el córtex cerebral son los que poseen una primacía en la visión: color, forma, movimiento y, posiblemente, profundidad. De este modo Zeki y Lamb (1994) otorgan independencia en la percepción cognitiva de estos atributos, prestando especial atención al

arte cinético y, según sus conclusiones, la actividad en V5 (área del córtex visual) es necesaria para la experiencia estética. Afirman, además, que los artistas, sin saberlo, llevan a cabo experimentos en los que estudian la organización del cerebro visual.

Siguiendo esta línea, Ramachandran y Hirstein (1999) presentaron una interesante propuesta a este respecto: una teoría neurológica de la experiencia estética. Los autores, entienden que una teoría del arte debía tener tres componentes: la lógica del arte, la evolución racional y el circuito cerebral. Este último componente no había sido tenido en cuenta hasta hace apenas unos años en el ámbito artístico más teórico. Por ello, los autores hacen una propuesta de ocho leyes que, más tarde Ramachandran (2003) ampliará a diez, que serían los universales artísticos, independientes de la cultura, a saber:

- La hipérbole
- La agrupación
- El contraste
- El aislamiento
- La resolución del problema perceptivo
- La simetría
- La aversión a las coincidencias o el punto de vista genérico
- La repetición, el ritmo y el orden
- El equilibrio
- La metáfora

Ramachandran (2003) no niega el papel que la cultura tiene en la creación artística, ya que es evidente su protagonismo en la creación de los estilos artísticos. Sin embargo, considera que eso no determina la inexistencia de leyes universales en torno al arte. Estas leyes, vinculadas con procesos neurológicos, propuestas por los autores, no pretenden dar respuesta a todo lo que hay que saber sobre el arte, simplemente aspiran a dar pistas sobre posibles líneas de investigación acerca de cómo la neurociencia puede acercarse al problema de conocer la universalidad del arte (Ramachandran, 2003). Cabe destacar que muchas de las leyes propuestas por los autores tienen un claro origen en la Gestalt de principios del siglo XX, mostrando así que la neuroestética no desea partir de cero sin tener en cuenta todo el conocimiento acerca de la percepción adquirido tanto por parte de la psicología como del arte (Ehrenstein, Spillmann, & Sarris, 2003).

Otra interesante línea de investigación al respecto se ha desarrollado alrededor de la música (Brattico & Pearce, 2013). Destaca el estudio de las relaciones y diferencias entre los cerebros de los músicos y los de los legos. Son varios los estudios que han mostrado diferencias relevantes no sólo en la funcionalidad cerebral entre unos y otros, sino también en su estructura (Klings et al., 2000; Pantev et al., 1998; Park et al., 2014; entre otros). Se ha demostrado que los músicos sufren una reorganización cerebral en áreas como el córtex auditivo que no acontece en las personas que no son músicos. Esta nueva estructura cerebral ofrece, a su vez, un comportamiento diferente tanto cuando están creando música, como cuando la están escuchando. Esta línea ofrece mucho interés para la investigación que hemos desarrollado en la presente tesis doctoral y la trataremos más detalladamente.

Muy próxima a la neuroestética, se encuentra la investigación de la sinestesia. La interferencia de sensaciones de diferentes sentidos en una única percepción, ver colores con palabras, colores con la música, oír colores, es un fenómeno conocido y apasionante, y su ocurrencia puede ser tan alta, aunque frecuentemente sea ignorado por los interesados, como una persona sinestésica de cada 200, según los criterios –muy variables– utilizados (Simner et al., 2006). Se trata de un área de investigación, que si bien es muy anterior a la neuroestética y se remonta al siglo XIX, posee ciertos elementos en común con ella, por haberse vinculado directamente con artistas. Una de las cuestiones más interesantes en torno al fenómeno sinestésico es si puede estar vinculado a factores hereditarios. La creación artística no parece vinculada a la herencia. Pero el factor sinestésico sí parece que tiene un componente heredado, aunque los datos sobre su prevalencia son muy diversos (Ramachandran & Hubbard, 2001). Esto puede ser debido al estudio de distintos tipos de sinestesias y la falta de uniformidad de los estudios. Ramachandran cree que el estudio de la sinestesia puede aportar claves importantes para entender las bases neurales de la metáfora y la creatividad. Incluso, como hipótesis, cree que la sinestesia, con sus cruces entre zonas sensoriales, brinda una pista fundacional en el origen del lenguaje, ligando contornos de formas visuales y sonidos, movimientos de labios y lengua, o apariencia física y vocalizaciones de diminutivos. Ramachandran ha bautizado a esta teoría como hipótesis de la hiperconectividad basada en mutaciones (Hubbard & Ramachandran, 2003; Ramachandran & Azoulay, 2006; Ramachandran & Hubbard, 2001).

En definitiva, la neuroestética, con trabajos cada vez más significativos, aspira a comprender los comportamientos neuronales en la creación y apreciación estética (Cela-Conde, Agnati, Huston, Mora, & Nadal, 2011). Es un desafío encontrar qué redes cerebrales se implican en la apreciación estética. Parece que el córtex lateral orbitofrontal, estaría relacionado con la formación de una impresión estética negativa (Munar, Nadal, Roselló et al., 2012). También se propone que la percepción estética surgiría de la coordinación de procesos que interesan diversas áreas del cerebro (Munar, Nadal, Castellanos et al., 2012). Se postula la existencia de dos redes actuando sucesivamente en el tiempo, la segunda relacionada con el *Default Mode Network* (DMN) introspectivo (Cela-Conde et al., 2013). Recientemente, Zeki, Romaya, Benincasa y Atiyah (2014), han podido comprobar cómo la belleza y la percepción estética también pueden ser encontradas en algo tan aparentemente alejado del arte como son las matemáticas.

Nos encontramos ante un campo prometedor y estimulante en su diálogo entre neurociencia y comunicación artística. Apenas recientemente se comienza a analizar desde este punto de vista el fenómeno de los videoclips (Malik, Fawzy, Osman, & Khairuddin, 2012; Vecchiato et al., 2010) o el mundo de los videojuegos y la creación artística con ordenadores (Allison & Polich, 2008; Preminger, 2012; Weber, Ritterfeld, & Mathiak, 2006).

1.1.3. Neurocinemática

“You don’t have to be a cognitivist 24/7”

David Bordwell, 2010

El término neurocinemática queda acuñado en la primera década del siglo XXI (Hasson et al., 2008b) y se utiliza para describir la neurociencia del cine. En una interesante investigación llevada a cabo mediante resonancia magnética funcional, Hasson, Furman, Clarck, Dudai y Davachi (2008a; Hasson, Nir, Levy, Fuhrmann, & Malach, 2004) se plantean investigar la actividad cerebral de los espectadores cinematográficos con el fin de encontrar patrones comunes de comportamiento neuronal. A través de un análisis de la correlación entre los sujetos (ISC, *inter-subject correlation analysis*), innovador y complejo en su momento, indagan en las similitudes espaciotemporales de las respuestas de los cerebros de los espectadores. Posteriormente, este método de análisis propuesto por Hasson et al. (2008a) fue comparado con los modelos de análisis general (GLM, *General Linear Model*) tradicionales, obteniéndose que el ISC ofrece resultados muy similares a los propios de los análisis tradicionales de resonancia magnética funcional (fMRI) pero que facilitan la aplicación en situaciones que hasta ahora no podían ser analizadas (Pajula, Kauppi, & Tohka, 2012). Este hecho ha provocado que el equipo de Hasson haya sido ampliamente reconocido por su aportación a la unión de la neurociencia a la investigación fílmica. La aparición de sus investigaciones en una revista de teoría cinematográfica, *Projections*, marca un punto de inflexión para el trabajo neurocientífico transdisciplinar en ciencias de la comunicación (Hasson et al., 2008b). No obstante, esta línea de investigación tiene su origen muchos años atrás.

Los primeros intereses de estudiar la percepción fílmica (y audiovisual en general) sobre el movimiento aparente en el cine y los procesos cerebrales, se remontan a principios del siglo XX. Max Wertheimer (1912) y Hugo Munsterberg (1916), entre otros, llevaron a cabo interesantes investigaciones acerca de los procesos perceptivos de las imágenes artificiales en movimiento, afirmando, revolucionariamente entonces, que estos procesos debían ser estudiados en el cerebro y no en la retina, como se había postulado hasta entonces. Sin embargo, sus aportaciones en el ámbito de la percepción cinematográfica no han sido

utilizadas durante décadas en las teorías del film. Cabe destacar que, incluso actualmente, siguen existiendo publicaciones en el área de la comunicación que mantienen, equivocadamente, la relevancia de la persistencia retiniana para la percepción audiovisual y la ilusión óptica de la imagen en movimiento. Esta relevancia de la persistencia retiniana es algo que, como decimos, se desechó a principios del siglo XX. Yo mismo, en 2008, siguiendo los trabajos de Steinman, Pizlo y Pizlo (2000) sobre los fenómenos del movimiento Phi y Beta, de las revisiones de Anderson y Fisher-Anderson (1993; 1978) sobre la persistencia retiniana, y recopilando numerosos ejemplos, llegué a la conclusión de que esto se produce por dejadez académica, comodidad de la explicación, coherente con lo obsoleto de otras teorías, y falta de actualización a la luz de los conocimientos en psicología de la percepción y neurociencias (Martín-Pascual, 2008).

La investigación que ahora nos ocupa entronca con otra área neurocinemática de indudable interés, que se está llevando en torno al fenómeno del parpadeo como marcador atencional del espectador. En 1995, el diseñador de sonido y montador cinematográfico Walter Murch (1995) se preguntó sobre la relación entre el momento del parpadeo y el montaje cinematográfico. Tras haber trabajado en Hollywood durante muchísimos años, montando o sonorizando, entre otras, *Apocalypse Now* o *The Godfather*, Murch sospechó que el parpadeo tenía una función en la comprensión de las películas. Mantuvo la hipótesis de que la frecuencia de parpadeo se podría sincronizar entre los espectadores de una película y a partir de esto, se preguntó si existe un parpadeo objetivo que le pueda avisar, como montador, de cuándo es el momento más idóneo para cambiar un plano en la sala de montaje. Ya desde la psicología, previamente, y muchas veces a partir de investigaciones para la detección del engaño en la comunicación humana, se postulaba el parpadeo como un eco reflejo de mayor o menor actividad cognitiva y atención (Baker, Goldstein, & Stern, 1992; Fogarty & Stern, 1989; Rottach, Das, Wohlgemuth, Zivotofsky, & Leigh, 1998). Lo veremos con más detalle.

Siguiendo estas líneas de trabajo, tras demostrarse que el córtex prefrontal, el córtex parietal y el córtex visual mostraban una disminución de la actividad durante los parpadeos (Bristow, Haynes, Sylvester, Frith, & Rees, 2005) y conociéndose la relación entre el tiempo del parpadeo y los cambios de atención (Drew, 1951; Fukuda, 1994; Hall, 1945; entre otros), Nakano, Yamamoto, Kitajo, Takahashi y Kitazawa (2009) se plantearon conocer cómo se produce el parpadeo de los espectadores audiovisuales. Entre otros resultados, descubrieron que la repetición de una misma escena provocaba un aumento de la frecuencia de parpadeo,

también encontraron que existía cierta sincronización en el parpadeo si el estímulo visual narraba una historia, produciéndose parpadeos en los momentos de menor necesidad de atención. El equipo de Nakano (2009) descubrió que los humanos comparten un mecanismo que busca el momento más adecuado para parpadear con el objetivo de evitar la pérdida de información visual. De hecho, se ha demostrado la importancia del parpadeo en el proceso comunicativo (Nakano, Kato, & Kitazawa, 2011; Nakano & Kitazawa, 2010) entendiéndose como un claro marcador atencional y vinculándolo a lo conocido hipotéticamente como *Default Mode Network* (DMN) cerebral, activo cuando no existe una focalización atencional, a través de estímulos audiovisuales (Nakano, Kato, & Morito, 2013). Lo contrario, la inhibición del parpadeo en atención a contactos sociales y percepción del movimiento, se ha demostrado como un marcador para manifestaciones asociadas a desórdenes del espectro autista (ASD) (Falck-Ytter, Fernell, Hedvall, von Hofsten, & Gillberg, 2012; Kaiser & Shiffrar, 2009; Shultz, Klin, & Jones, 2011).

Por otro lado, DeLong, Brunick y Cutting (2011, 2014) en su búsqueda por encontrar patrones fílmicos que se relacionen con los sistemas atencionales humanos, encuentran un interesante dato acerca de la duración de las tomas cinematográficas. La duración de las mismas experimentó un descenso desde los años diez del siglo XX hasta los años treinta. Entonces, con la llegada del cine sonoro, los planos mostraron un aumento en su duración para, a partir de los años sesenta producirse un claro descenso hasta la actualidad. Este fenómeno ha sido estudiado de manera más global por David Bordwell, que postula cuatro puntos como características de este estilo, lo que él llama la “continuidad intensificada”: edición muy rápida, combinación extrema de lentes de distancias focales diferentes, dependencia de los planos muy cortos y movimientos de cámara amplios (Bordwell, 2002, 2006).

Otro de los resultados más interesantes de estas investigaciones, se encuentra en la actividad visual presente en distintos tipos de productos audiovisuales. Cuando un espectador mira una película entera, se produce un nivel de actividad inferior a cuando se enfrenta a secuencias aisladas. De este modo, DeLong, Brunick y Cutting (2014) confirman la tendencia de que una mayor actividad visual puede ser tolerada siempre y cuando sea durante un periodo de tiempo breve. De algún modo, el movimiento visual tolerado en una película está relacionado con el grado de saturación de la atención.

Gran parte de la investigación en neurocinemática llevada a cabo los últimos años ha utilizado la técnica del *eye tracking*, diversos métodos de análisis ocular, *electrooculografía* (EOG), *electroencefalografía* (EEG) y *resonancia magnética funcional* (fMRI), con el fin de analizar los patrones de comportamiento visuales de los espectadores, básicamente interesados en conocer el comportamiento ocular y atencional del espectador (Bartels & Zeki, 2004; Malik et al., 2012; Tan, 1996; Tikka et al., 2012; entre otros). Dudai (2012), por su parte, postula el cine como arte idóneo para explorar el diálogo entre el arte y el cerebro vinculando el visionado de una película con la memoria de trabajo, algo que ya hicieran Andreu-Sánchez y Martín-Pascual (2011) en su propuesta intertextual de análisis cinematográfico.

La neurocinemática no ha llegado aún a las facultades de Ciencias de la Comunicación, salvo excepciones. En España, por ejemplo, nuestro grupo de investigación Neuro-Com (www.neuro-com.es) de la Universitat Autònoma de Barcelona, trabaja en esta línea. La doctrina que se imparte académicamente sobre cine no separa frecuentemente teoría, historia y crítica, el agregado que Bordwell (1989, 1990, 2010) llama “La Gran Teoría” que no beneficia precisamente la investigación. Hace falta un auténtico diálogo interdisciplinario entre los nuevos conocimientos sobre la memoria, la atención y la percepción y el estudio de los espectadores audiovisuales (Fisher-Anderson, 1999). Bordwell, entre la teoría cognitiva del film y los neoformalismos, también nos advierte sobre la cooperación entre humanidades y ciencias. Muchas veces esta aparente sinergia solo esconde interpretaciones, escritos, pero no explicaciones (Bordwell, 2013). Hay que aprovechar que actualmente, a través de la neurocinemática, la encrucijada entre los estudios audiovisuales, la psicología de la percepción y las neurociencias, nos pueden ayudar a comprender los audiovisuales y nuestros cerebros en interacción.

2. Planteamiento de la investigación

El planteamiento de esta tesis doctoral surge en el seno de dos entornos aparentemente dispares. Por un lado, el marco audiovisual, caracterizado por su constante evolución en contenidos y formatos. Vivimos rodeados de pantallas. A veces puede parecer que lo que miramos en ellas es la realidad, virtual o no. Por otro, el ámbito de la neurociencia, que cada día ofrece mayor luz acerca de los procesos cognitivos. Vivimos en nuestros cerebros. Y casi siempre consideramos que eso es la realidad. Esta tesis se enmarca entre ambas áreas de conocimiento, planteándose una aproximación de las herramientas y conocimientos neurocientíficos y los consumos audiovisuales actuales para dar respuestas a preguntas vinculadas a la percepción de los estímulos audiovisuales.

En este apartado, se plantan los objetivos de la investigación, las hipótesis de partida y las variables con las que se va a llevar a cabo las distintas partes del presente estudio.

2.1. Objetivos

Esta investigación parte del interés en averiguar las diferencias en la percepción visual de los seres humanos al enfrentarse a la percepción de la realidad y a la percepción del audiovisual proyectado o emitido a través de las pantallas. Para ello se plantean tres objetivos concretos:

- Un primer objetivo consiste en **conocer si existen diferencias entre la percepción visual de la realidad y las pantallas.**
- El segundo objetivo consiste en **conocer si existen diferencias en la percepción visual en función del montaje.**
- El tercer objetivo consiste en **conocer si existen diferencias en la percepción visual entre profesionales del audiovisual y legos.**

Con este estudio se pretende conocer si las características propias de los productos audiovisuales como los cambios de plano y el ritmo de edición afectan al proceso perceptivo y, a su vez, comparar la percepción de las pantallas con la percepción de la realidad. De forma paralela, se comparan también las diferencias perceptivas entre los profesionales del audiovisual y los que no lo son. En este sentido, el objetivo es averiguar si la práctica profesional audiovisual altera el proceso perceptivo de las narraciones audiovisuales.

De manera más concreta, el estudio de estas posibles diferencias perceptivas se apoyan en los siguientes aspectos:

- En primer lugar, en el análisis del comportamiento del parpadeo, su frecuencia e inhibición.
- En segundo lugar, en las posibles diferencias cognitivas y supresión diferencial del ritmo mu, asociado a la activación del sistema de neuronas espejo y los procesos de aprendizaje.
- Finalmente, en las diferencias de activación en el córtex visual vinculadas a las frecuencias bajas.

2.2. Hipótesis

Esta investigación parte de varias hipótesis de trabajo, que aspiran a ser validadas o refutadas:

La **primera hipótesis** de trabajo consiste en entender que debe haber diferencias en la percepción entre un mismo estímulo o acción narrativa representada en la realidad respecto a cuando lo es en una pantalla audiovisual. Estamos en la era de la comunicación a través de pantallas, sin embargo, no se ha investigado lo suficiente qué diferencias perceptivas existen entre éstas y la realidad. En esta investigación, se parte de la hipótesis de que realidad y pantalla provocan diferencias perceptivas entre los espectadores. Estas diferencias previstas se presentan como un interesante campo de investigación en torno a la aproximación de las pantallas a la reproducción de la realidad, tan de moda actualmente en ámbitos de realidad virtual.

La **segunda hipótesis** de partida es la existencia de diferencias en la frecuencia e inhibición del parpadeo en función del montaje audiovisual. Se cree que el cambio de plano y el ritmo de edición de una obra audiovisual afectan al ritmo del parpadeo del espectador. Cada vez que existe un cambio de plano hay un corte en la imagen que está percibiendo el espectador. Este corte, se considera, no puede pasar desapercibido al proceso perceptivo del ojo y el cerebro humano. Por ello, el montaje de una pieza audiovisual va a influir en la frecuencia del parpadeo y en su inhibición. Con la validación o no de esta hipótesis, se plantea dar respuesta al segundo objetivo de esta investigación.

La **tercera hipótesis** con la que desarrollamos este estudio es que debe haber una diferencia de procesos cerebrales según el montaje audiovisual. Se parte de la idea de que habrá una diferencia perceptiva tanto en el ritmo como en la zona del córtex premotor, como en

las perturbaciones espectrales en torno a zonas visuales y parietales, comparando eventos narrativos percibidos posteriores a un cambio de plano, a través de un montaje clásico, el llamado *Hollywood style* o Modo de Representación Institucional (MRI), con una edición Post-Clásica tipo videoclip, también conocida como *MTV style*. Esta hipótesis también aspira a responder el segundo objetivo de este estudio.

La **cuarta hipótesis** es la de que los profesionales del audiovisual y los legos poseen maneras distintas de percibir imágenes o usar la atención visual a través de las pantallas. Se sabe bastante acerca de cómo la profesionalización puede implicar reestructuraciones cerebrales o diferencias perceptivas en otros colectivos. Algunos ejemplos de ello los encontramos en el área musical (Babiloni et al., 2011; Gaser & Schlaug, 2003; Pantev et al., 1998; Zendel & Alain, 2013) donde se han demostrado diversas desigualdades funcionales en la percepción musical entre los cerebros de los músicos y los de los legos, tal y como se ha explicado anteriormente. Otro caso estudiado, con resultados de gran repercusión en el ámbito científico, es el de los taxistas. Una investigación del Institute of Neurology en el University College London (Maguire et al., 2000) demostraba modificaciones estructurales en el hipocampo de los taxistas londinenses frente al resto de la población. Esta cuarta hipótesis plantea que algo parecido sucede entre los profesionales del audiovisual, respondiendo así el tercer objetivo de la presente investigación.

2.3. Variables

Para validar todas estas hipótesis, se deben estudiar diferentes variables y elementos, que necesariamente serán situados en la metodología de la investigación. Por un lado, se han diseñado tres variables independientes para realizar comparativas de análisis vinculados a los objetivos de este estudio. Por otro lado, se escogen tres variables dependientes para aproximarnos a los objetivos de la investigación desde distintas perspectivas que, se espera, deben ser complementarias para aportar una perspectiva más global en las conclusiones.

Variables independientes

- El tipo de **estímulo**: la contraposición de la **realidad y la pantalla** resulta obligatoria para poder comprobar la hipotética diferencia perceptiva y responder el primer objetivo de esta investigación. Por tanto, en el diseño de los estímulos será necesario plantear esta variable para poder analizar sus posibles resultados. Por un lado, tal y como se explicará en el apartado de *Materiales y métodos*, trabajaremos con estímulos reproducidos a través de pantallas y, por otro lado, con un estímulo representado en la vida real. Para minimizar las diferencias entre unos y otros, la narrativa propuesta será idéntica, centrando el interés en la diferencia de tipo de estímulo real o a través de pantalla.

- El tipo de **montaje o edición** es otra de las variables con las que hay que trabajar para el diseño de los estímulos que formen parte de esta investigación. Diferentes montajes de imágenes o ediciones deberán ser utilizados para poder alcanzar resultados de interés para el segundo objetivo del estudio consistente en averiguar la posible existencia de diferencias perceptivas en base al montaje. Como se desarrollará en *Materiales y métodos*, esta variable se verá materializada en tres tipos de montaje audiovisual.

- El tercer tipo de variable independiente será el tipo de **sujeto: profesionales y no profesionales** del audiovisual. Para ello, en la selección de sujetos se trabajará en la línea de obtener un número parecido de sujetos que sean profesionales del medio audiovisual y aquellos que no lo son. Es evidente que los no profesionales del audiovisual sí tendrán contacto continuo con obras audiovisuales (resulta muy difícil hoy encontrar en nuestro contexto a quiénes no consuman ningún tipo de pantalla). Sin embargo, los profesionales del medio, pasan gran parte de su jornada laboral tomando decisiones que afectan a la creación audiovisual de las obras, lo que les obliga a ser más exigentes en el proceso perceptivo de las mismas. Con esta variable se dará respuesta al tercer objetivo del presente estudio.

Variables dependientes

- El **parpadeo** es uno de los elementos principales de esta investigación. Se entiende como uno de los marcadores para comprender las diferencias de percepción entre los seres humanos y, por ello, será necesario caracterizarlo cuidadosamente, registrarlo y analizarlo para, posteriormente, poder concluir las distintas percepciones analizadas. Se trata de la primera variable que, se postula, dependerá en función del tipo de estímulo, montaje y sujeto estudiado.

- Se toma la supresión del **ritmo cerebral mu** como otra variable dependiente en esta investigación. Se trata de un ritmo bien conocido cuya supresión acontece en el cerebro cuando iniciamos acciones motoras, pero también cuando vemos a alguien hacerlas. Se le entiende vinculado a la activación del sistema de neuronas espejo en los humanos. Por ello, esta variable podría ser un marcador de realidad. Su análisis se realiza también en base al tipo de estímulo, de montaje y de sujeto.

- El comportamiento **del córtex visual** se plantea como tercera variable dependiente de análisis en esta investigación. Se plantea la búsqueda de diferencias de comportamiento del córtex visual en las perturbaciones del espectro asociadas a eventos. Una vez más, el análisis se desarrolla en base al tipo de estímulo, montaje y sujeto.

3. Marco teórico y Estado de la cuestión

Para conocer qué diferencias existen entre la percepción visual de la realidad y a través de las pantallas audiovisuales, entre los distintos tipos de montajes y entre profesionales o no del audiovisual, en una serie primera de experimentos se investiga la frecuencia e inhibición del parpadeo. En un segundo punto, se analiza la supresión del ritmo mu (μ), como reflejo de la activación del sistema de neuronas espejo (MNS). En tercer lugar, se analiza lo que sucede en el córtex visual en distintos contextos, buscando diferencias de carga visual en frecuencia y tiempo. En este contexto de investigación, es necesario conocer algunos de los antecedentes que envuelven este campo de estudio de la neurocinemática y la percepción audiovisual. Por ello, analizamos la estructuración del lenguaje como algoritmo de aprendizaje y modelización del mundo y su conexión con el llamado lenguaje audiovisual y si el cine es un lenguaje; la falsa teoría de la persistencia retiniana como explicación de la percepción del movimiento aparente en cinematografía y televisión; lo que sabemos de la percepción del movimiento real y aparente y cómo vemos el cine; la relevancia del ritmo del montaje en los productos audiovisuales, a partir de una interesante pregunta realizada por el montador Walter Murch; la sincronización de la percepción audiovisual y la atención en el campo de la neurociencia; por último, se caracteriza el parpadeo, su estudio y aplicaciones y se realiza un estado del arte de la electroencefalografía y sus ritmos, la técnica de elección para esta investigación.

3.1. El lenguaje como algoritmo

"They did something once that slurred my speech, and I thought, 'Oh, man, you're messing with my brain. It's freaking me out.'"

Michael J. Fox, 1998, en *People Magazine* (Schneider, 1998)
(Despierto, con el cerebro abierto, durante su operación de talamotomía estereotáxica para combatir su Parkinson)

Los audiovisuales, el lenguaje hablado, el lenguaje musical o el escrito, provocan no pocas controversias en torno a su origen y conexión con los procesos cognitivos. Los elementos mínimos del lenguaje y los signos permanecen en el debate de los orígenes. La escala temporal de la evolución del cerebro es inmensa comparada con la evolución de la cultura. Veremos que la mente humana ha adaptado el cine con tanta rapidez porque utiliza un esquema preexistente en nuestro cerebro para aprender, hacer modelos y simular. Un sistema que evolucionó desde otros requerimientos más apremiantes de supervivencia (Dudai, 2008). Este sistema se basa en el aprendizaje y la memoria. La comprensión de la narrativa espacial y temporal en el Modo de Representación Institucional (MRI), las “pepitas de oro” en el Modo de Representación Primitivo (MRP) (Burch, 1970), el posible estilo Post-clásico, familiarmente llamado *MTV style*, a partir de 1960 (Bordwell, 2006) y los audiovisuales en general, presentan un conjunto de desafíos perceptivos que se asientan en nuestras capacidades de comprender las películas y el mundo real. Parece adecuado bucear en las capacidades humanas de estructurar la realidad y la ficción y cómo se organiza el cerebro para ello. Veamos cómo se asienta hoy lo que sabemos del lenguaje para hacer modelos del mundo.

3.1.1. Nurture versus Nature

“No discussion of the evolution of language would be complete without considering the question of nature versus nurture”
Vilayanur S. Ramachandran, 2011

El problema del origen del lenguaje es uno de los desafíos de la biología propios del siglo XXI. Las teorías en torno al origen y la genética del lenguaje se han complicado por considerar a este como un aspecto distintivo y único en el proceso de la cognición humana. Tradicionalmente, se consideraba al lenguaje como un ejemplo de fenómeno cultural y social, en contraposición a lo natural o biológico. Esta distinción de lo cultural adquirido (*nurture*) frente a lo natural (*nature*), refleja, en realidad, la brecha previa entre las dos culturas de las ciencias humanas y naturales que Snow pretendía restañar ya en 1951. Hoy se considera que el lenguaje tiene una profunda base biológica con pruebas bien asentadas en la comunidad científica (Martín-Pascual & Andreu-Sánchez, 2013). Veamos¹.

La explicación que Darwin ofrece de una transición gradual, un continuo progresivo desde los gritos de los animales hasta un lenguaje humano parece hoy cuestionable, aunque seres humanos y primates pueden compartir la fase previa de comunicación, el protolenguaje. Las explicaciones gradualistas baldwinianas no son satisfactorias. Es verdad que compartimos con los animales ciertos circuitos neurológicos básicos dedicados al lenguaje, circuitos que aparecen en la neurogénesis en los niños humanos. Puede que en esta última coincidencia se encuentre la posibilidad de explicar el salto al lenguaje humano, y la capacidad de comunicar contenidos sofisticados, si podemos explicar cómo se organiza el lenguaje humano en el cerebro. Hay autores que establecen un paralelismo en la categorización del lenguaje y otros sistemas de percepción, como el visual. El protolenguaje se halla en circuitos sinápticos muy próximos a los flujos visuales. De hecho, es un lugar común hablar de las corrientes dorsales, dónde, y ventrales, el qué, en el sistema de visión (Milner & Goodale, 2006). Ambas ramas son próximas y junto con otras vías de flujos perceptivos, parece inevitable establecer un

¹ Las secciones *Nurture versus Nature* y *El mundo como simulación* están adaptadas en parte, y actualizadas, del artículo del propio autor “La teoría del marco de memoria-predicción y los *cognits* en el origen y la organización cortical del lenguaje” (Martín-Pascual & Andreu-Sánchez, 2013).

paralelismo con dicha rama dorsal y el área de Broca, dedicada a la sintaxis, y la ventral, cerca del área de Wernicke, a la decodificación semántica (Givon, 2002).

El gradualismo de Baldwin, en el sentido de una incorporación paulatina de desarrollos comunicativos que van uniéndose al genoma a través de mutaciones casuales con la integración a grupos seleccionados por su éxito de cohesión social, parece desafiar lo que hasta ahora sabemos sobre lo abrupto de la aparición del lenguaje. Es lo que Ramachandran denomina el segundo gran salto de la humanidad. Opina que la clave está en las neuronas espejo que, en las nascentes concentraciones sociales de población, facilitaron el aprendizaje y desarrollo acelerado (Ramachandran, 2000). El camino de la exaptación, una característica que evoluciona como un rasgo que provee adaptación a unas condiciones iniciales, y luego comienza a ser perfeccionado y utilizado para otra cosa a lo largo de millones de años (por ejemplo el oído en los vertebrados, aparecido como estructura residual para aspirar agua a las branquias sin tener que abrir la boca), no parece explicar el proceso del nacimiento del lenguaje. Muchas características sofisticadas del lenguaje no parecen remitir a funciones de ventaja selectiva. Ha sido fácil la tentación de atribuir al origen del lenguaje un origen externo originado casi exclusivamente por la cultura. Es la polémica del paso de los genes a los memes de Dawkins. Parece de sentido común que la cultura es un producto social, pero eso es una tautología que no explica por qué o qué provocó ese salto de habilidades cognitivas en la humanidad. Para evitar el concepto de una mutación monstruosa o una especulación no científica, hasta ahora, en el origen del lenguaje se postula algún tipo de evolución gradual. En cambio, los estudios genéticos más fiables, por ejemplo, los de Cavalli-Sforza (1988), cuando establecen un paralelismo entre el árbol del ADN mitocondrial y el grafo de las lenguas, postulan que el lenguaje se produjo de una sola vez y en el centro de África, dónde la población humana era mayor. Por otro lado, muchos lingüistas y estudiosos culturales creen que el lenguaje no tiene que ver con la biología, sería un producto cultural. Un ejemplo de ello sería la tradición estructural-antropológica representada por Baker. Habría tantas lenguas como culturas (Baker, 1996). Todavía hoy, pensadores como Alva Noë creen que la capacidad lingüística nunca es un producto neuronal. Noë afirma que el lenguaje es una práctica cultural compartida (Noë, 2010). En realidad, el punto de vista de Noë remite a su concepto de conciencia asociada a la realidad externa, sin lo que la mente no podría existir. De ahí a sugerir que la mente está fuera del cerebro solo hay un paso silogístico. Y es lógico aparentemente, pero no aclara cómo podemos procesar esa capacidad.

Hoy, la genética del comportamiento, introduciendo la idea de un papel activo de los genes en la conducta, se abre paso sin dejar a un lado la idea de que lo natural y lo aprendido se complementan. Parece claro que el potencial de aprendizaje de los seres vivos está programado por la estructura del cerebro (Wilson, 1978). Estamos programados para aprender cierto tipo de estímulos, pero no podemos procesar otros y otros más son neutrales a nuestras capacidades (Longa, 2003).

Hasta ahora, se destacaban sobre todo, tres argumentos que bucean con solidez en la base biológica del lenguaje. A saber:

a. El poderoso argumento defendido por el campeón del innatismo lingüístico, Noam Chomsky, el de la pobreza del estímulo, que parece justificar el innatismo biológico del lenguaje. Chomski recuerda la facilidad con la que aprenden a hablar los niños, sobre todo a estructurar y sofisticar el lenguaje, a pesar de los pocos y fragmentarios estímulos que reciben de los padres. Además, la adquisición del lenguaje tiene una ventana de aprendizaje limitada en el tiempo: más allá de un periodo crítico, de una edad determinada, su adquisición es mucho más difícil, como experimenta cualquier adulto que quiere aprender una segunda lengua. También, todos los lenguajes de las distintas poblaciones humanas son complejos, y hay correlatos neurales ligados a esta capacidad, como nuestra mejor habilidad para discriminar contenidos lingüísticos de otros sonidos en nuestro aparato auditivo (Longa, 2003). Parece que el lenguaje es parte del equipo biológico de la especie humana.

b. En segundo lugar, para reforzar este punto de vista, si se afirma que el genotipo, el equipamiento biológico original, afecta a las predisposiciones o habilidades que el individuo pueda adquirir, también hay que contemplar el fenotipo, las manifestaciones finales del individuo, desarrollado según la interacción de los genes con el ambiente. Puede que las características de las distintas lenguas no estén codificadas en el genoma, pero este sí condiciona la estructura de adquisición. Entre genotipo y fenotipo, pues, hay que contar con los fenómenos epigenéticos de interacción entre genes y ambiente, que nos alejan del determinismo y, en concreto, desactivan el determinismo genético en las enormes combinaciones y manifestaciones de la cognición humana. También por este camino aparece una predisposición a la estructura del lenguaje en la especie humana.

c. Por último, es verdad que hoy no conocemos nada sobre cómo se transmiten en los genes, y por consiguiente en la síntesis de proteínas, las capacidades del lenguaje. Pero tenemos indicios firmes de esta transmisión en el posible hallazgo de genes unidos a las capacidades lingüísticas y la morfogénesis en áreas que se dedican habitualmente al lenguaje, en los estudios de Gopnik (1990, 1997), Fisher, Vargha-Khadem, Watkins, Monaco y Pembrey (1998; Fisher, 2006) o Lai, Fisher, Hurst, Vargha-Khadem y Monaco (2001), donde se observan que deficiencias hereditarias llevan a déficits aparentemente localizados en el lenguaje. Luego, si hay un componente innato en el lenguaje, deberíamos encontrar fallos hereditarios que se manifiesten como deficiencias en capacidades lingüísticas. Efectivamente, con el estudio de tres generaciones de una familia inglesa, denotada como KE, Gopnik encontró que algunos de sus miembros, la mitad de ellos, tenían problemas gramaticales (Gopnik, 1990). Carecían de reglas para la formación genérica de plurales y debían aprender la forma plural de las palabras como piezas léxicas diferentes. El tiempo pasado y el género provocaban problemas semejantes. Contrastando con otras familias en países diferentes se observó que, aunque no era un trastorno totalmente homogéneo, persistía un grupo común de problemas puramente gramaticales en ausencia de factores causales conocidos como sordera, retraso cognitivo, daño neural sobrevenido o autismo (Longa, 2003). Este síndrome, además, no se producía en grados. La herencia era responsable de esta alteración y su transmisión a la progenie. En sucesivas investigaciones, el equipo de Fisher detectó una región en el cromosoma 7, SPCH1, en los afectados de la misma familia que no se presentaba en los familiares no afectados o en el resto de la población (Fisher et al., 1998). Lai concretó estos resultados localizando el defecto de la familia KE en un gen de esa región que llamaron FOXP2 (Lai et al., 2001). Este podía ser, por tanto, el primer gen directamente vinculado al lenguaje. Parece un gen de tipo regulador y los autores defienden que en su alteración de la función proteica (en concreto, un nucleótido de guanina reemplazado por adenina, provocando un cambio de aminoácidos sustituyendo la arginina por histidina), se manifiesta un desarrollo anormal de las estructuras neurales relevantes para el lenguaje.

A pesar de estas evidencias y estando totalmente de acuerdo con su significado, en cuanto a las pruebas que suponen para la base genética del lenguaje, discrepo en que los genes codifican tejido neural específicamente dedicado al lenguaje en el sentido sintáctico y totalmente diferenciado del resto de tejidos neurales. El marco debe ser más amplio, o el concepto de lenguaje debe ser ampliado, pues el sustrato común de las capacidades de

cognición es el factor determinante en estos y otros déficits de la capacidad de modelizar y actuar sobre la realidad en distintas manifestaciones de la cognición.

El camino hacia las teorías de especialización funcional del cerebro se abrió en el siglo XIX con la vulgarizada frenología de Gall, que aún así lanzaba una hipótesis razonable de la organización funcional del cerebro y la conducta. Dos de los hitos más importantes de esta corriente de especialización de las áreas y funciones cerebrales, hoy modernizada y dominante, fueron establecidos por los hallazgos de Broca y Wernicke, ya citados más arriba. El camino hacia el modelo localizacionista–conexionista ha demostrado su utilidad hasta la fecha (Muñoz & Sacristán, 2004). Pero el modelo tenía muchas derivaciones en el perfil y las manifestaciones psicológicas de los pacientes.

Había muchas variaciones en las áreas y conexiones implicadas que nos introducían en un modelo más complejo de afasias que, durante el siglo XX, condujeron a la imposibilidad de encontrar correlatos neurológicos para todos los daños cerebrales. La asociación de factores de conciencia, motivación, emoción o contexto simpráctico son variables presentes en muchos casos de déficit, y han llevado a una coincidencia de teorías holistas y conexionistas en la actualidad. El descubrimiento de los variados sistemas de compensación para suplir las tareas afectadas, tanto de interacción como de plasticidad neuronal ha llevado a una situación mucho más compleja. La plasticidad, de hecho, representa una potencialidad que no siempre es la óptima en términos funcionales de compensación (Muñoz & Sacristán, 2004). El conexionismo tractográfico pone de manifiesto un holismo, que con las nuevas técnicas de neuroimagen, muestra un sustrato cognitivo distribuido en el córtex en estructuras compartidas que parecen jugar un papel fundamental en las distintas manifestaciones del aprendizaje y la memoria. El análisis de los mecanismos cognitivos necesita encontrar una explicación no localizacionista en el proceso mental básico. En este camino, algunos trastornos específicos del lenguaje serían un problema de procesamiento cognitivo como otros problemas no adquiridos de aprendizaje. Esto refuerza la postura de los que creen difícil que tengamos genes implicados en el cerebro de manera tan específica que sólo afecten al lenguaje. Puede que haya mecanismos cognoscitivos más generales y básicos, que tengan mayor o menor importancia en las manifestaciones del lenguaje (Salas, 2003).

En la base de todo el problema con el lenguaje está el concepto de aprendizaje. Si el punto de vista tradicional de adquisición del lenguaje consistía en el trasvase de la experiencia del exterior a

una *tabula rasa* interior que aprende de la experiencia, el nuevo punto de vista propugna un aprendizaje por selección, donde el aprendizaje se filtra a través de las capacidades preexistentes del cerebro y sus genes. Este aprendizaje relativiza en cierta manera el papel de la experiencia (Longa, 2003). Lo que harían los estímulos externos es disparar o activar rasgos innatos preexistentes en la especie. El lenguaje quedaría integrado así en el esquema neurofisiológico, evolutivo y genético general.

Muchas veces, aunque sea para defender el papel biológico en la capacidad lingüística, se afirma que el lenguaje y la cognición son entidades disociadas puesto que una deficiencia cognitiva puede acompañar a una función lingüística que no esté afectada y viceversa (Longa, 2003). Esto no es así a nivel de procesamiento neuronal. Como aquí vamos a desarrollar, parece que la capacidad del lenguaje es una habilidad cognitiva enmarcada en el funcionamiento global del cerebro humano, coincidente con otras habilidades y que responden a las capacidades comunes de categorización, memorización y modelización del mundo que ejecuta el neocórtex humano en muchos de sus aspectos cognitivos.

A partir de la transdisciplinariedad necesaria de los estudios sobre el origen del lenguaje, parece superada la contraposición entre naturaleza (*nature*) y educación (*nurture*). El factor genético debe estar presente, *está*, pero el surgimiento de herramientas como el lenguaje está indisolublemente unido a la categorización de la percepción global en interacción con la memoria, como defienden diversos autores en distintos desarrollos neurocientíficos (Hawkins & Blakeslee, 2004; Ramachandran, 2000; 2006; 2011; Ramachandran & Azoulay, 2006; Fuster, 2003; Rizzolati, 2006; 2009; Edelman, 2006; entre otros). Posteriormente, veremos si el cine puede desenvolverse en este contexto del lenguaje o no. Ahora nos ocuparemos de la organización del lenguaje con respecto a la memoria y a la imagen que nos formamos del mundo en el cerebro.

3.2. El Mundo como simulación

“No hay percepción del mundo sin memoria”

Joaquín M. Fuster, 2006

Jeff Hawkins lanzó en 2004 su teoría del marco de memoria–predicción (*Memory-Prediction Framework*, MPF). Intentando, por un lado, explicar el fallo del desarrollo de sistemas de memoria artificial (*Artificial Intelligence*, AI) en los ordenadores y, por otro, cómo realmente podemos comprender la inteligencia, propugnó una teoría sobre cómo trabaja el cerebro para procesar estímulos externos y aprender (Hawkins & Blakeslee, 2004).

Hawkins opina que es un gran error creer que la inteligencia se define por un comportamiento inteligente. Podemos ver a alguien aparentemente vegetando o pensando en las musarañas, que esté desentrañando algún abstruso problema o creando una obra de arte. Los seres humanos pueden ser inteligentes sin manifestarlo. Cree que el cerebro usa mayoritariamente sus recursos de memoria para crear un modelo del mundo. Todo lo que sabemos y aprendemos está incorporado al modelo. Y el cerebro usa este modelo memorístico para hacer continuas predicciones de los eventos futuros. Para Hawkins, el cerebro funciona memorizando patrones para efectuar predicciones continuamente. Señala cómo todo el neocórtex es bastante uniforme en apariencia y estructura. Apoyándose en los estudios neurofisiológicos de Mountcastle (1978; 1997; 1998), muestra cómo las regiones del córtex que gestionan las aferencias auditivas se parecen a las que gestionan el tacto, el control muscular, el área del lenguaje de Broca, y cualquier otra región del córtex. Mountcastle sugirió que puesto que todas esas regiones son parecidas, puede que estén realizando la misma operación y propone que el córtex usa un algoritmo común para cumplir todo lo que hace. Es *cómo* están conectadas las regiones lo que define su función cognitiva aparentemente diferente. Y a pesar del interés por averiguar las sutiles diferencias en la estructura, también habría que

explorar el otro camino, ver las coincidencias en el esquema. Si nuestros genes determinan cómo se conectan las células del córtex, lo que es específico para su función y cada especie, el tejido cortical, en cambio, estaría haciendo lo mismo en todas partes. Si Mountcastle tenía razón, el algoritmo de funcionamiento debería poder expresarse independientemente de funciones o sentidos, ya sea vista, oído o lenguaje. Tenemos conocimiento de la gran flexibilidad del sistema y cómo a partir de los genes, se desarrollan funciones especializadas basadas en los estímulos e informaciones recibidas durante el desarrollo. Conectadas las regiones en jerarquía, mediante este algoritmo, el cerebro aprenderá de su entorno.

Un cerebro humano, desarrollado con normalidad, puede aprender cualquiera de las miles de lenguas que existen. Ese mismo cerebro puede aprender lenguaje de signos, escrito, musical, matemático, de programación, comprender un videoclip o el lenguaje corporal, de manera consciente o no. La asimetría funcional hemisférica del cerebro se encuentra en muchas especies y es preexistente a la especialización. Tenemos un área visual que parece dedicada específicamente a representar letras y dígitos escritos. ¿Significa que hemos nacido con esa área lingüística preparada para procesar esas letras y números? El lenguaje escrito es una invención demasiado reciente para que nuestros genes incorporen un mecanismo específico para ello (Hawkins y Blakeslee, 2004). Hay un sistema flexible que permite cambios en función de los estímulos. En conocidos experimentos con hurones, las fibras del nervio óptico fueron reconducidas al área auditiva. Expuestos dichos hurones a patrones visuales, su área auditiva desarrolló campos receptivos visuales y fueron capaces de generar comportamiento usando esta “audio-visión”. Sus vías visuales nuevas veían con tejido cerebral que habitualmente oía sonidos (Melchner, Pallas, & Sur, 2000). Por otro lado, los estudios de sustitución sensorial, trasplantando tejido visual en ratas a una zona que usualmente representa el sentido del tacto, llevan a que el tejido trasplantado acabe procesando sensaciones táctiles (Bach-y Rita, 2004). Varias pruebas apoyan la existencia de un algoritmo cortical común. En los humanos, nada refleja tan bien las capacidades de plasticidad cerebral del equipamiento para el lenguaje que su recuperación funcional tras grandes lesiones en el hemisferio izquierdo. En estos casos, se ha demostrado que, excepto recuperación funcional del tejido dañado, otras regiones corticales o subcorticales se hacen cargo de esa habilidad (Fuster, 2003). No olvidemos los clásicos estudios sensoriales con miembros fantasma en amputados de Ramachandran (1995).

Hawkins, de manera previa al modelo MPF, considera tres factores comunes al proceso cognitivo: el factor temporal en la comprensión de los procesos cerebrales, pues el flujo de información nunca es estático, la importancia de la retroalimentación (*feedback*) presente en el córtex por doquier y, como característica estructural del neocórtex, la jerarquía. No es necesaria ninguna combinación de sentidos para obtener inteligencia mientras el cerebro pueda elaborar patrones invariantes sucesivos de su entorno. La teoría MPF puede resumirse en los siguientes puntos fundacionales (Hawkins & Blakeslee, 2004; Dileep, 2008):

1. El neocórtex construye modelos para los patrones espaciales y temporales a los que se expone perceptualmente. La finalidad de esta construcción de modelos es la predicción del próximo patrón entrante.

2. El córtex está organizado en una repetida unidad básica de computación conocida como el circuito canónico cortical. Desde un punto de vista computacional, este circuito canónico puede considerarse como un nodo que está replicado multitud de veces.

3. El córtex está organizado jerárquicamente. Esto significa que los nodos —las unidades de computación básicas— están conectados en una jerarquía arborescente.

4. La función del córtex es crear modelos del mundo del cual recibe estímulos. El modelo es construido usando una jerarquía espacial y temporal memorizando patrones y secuencias en todos los nodos de la jerarquía. El modelo se usa para hacer predicciones sobre los estímulos entrantes.

5. El neocórtex construye su modelo del mundo autónomamente, sin supervisión.

6. Cada nodo de la jerarquía guarda un gran número de patrones y secuencias. El método de reconocimiento de patrones empleado por el córtex está basado en el almacenamiento de multitud de patrones.

7. Los *outputs* de un nodo son secuencias de patrones aprendidas previamente.

8. La información transita arriba y abajo en la jerarquía para reconocer y desambiguar la información y se propaga adelante en el tiempo para predecir el próximo patrón entrante.

En resumen, el neocórtex guarda secuencias de patrones, recupera asociaciones de patrones automáticamente, los almacena en formas invariantes y en una jerarquía. El neocórtex no sería un ordenador calculando en paralelo o en serie. En lugar de calcular respuestas para problemas concretos, usaría memorias almacenadas, no cálculos, para resolver problemas y producir comportamientos. Una prueba de esto sería intentar recitar el alfabeto al

revés. Es difícil, pues no lo hemos experimentado con anterioridad habitualmente. La memoria del alfabeto sería una secuencia de patrones, no es algo recuperado arbitrariamente.

En este sentido, Fuster propone que casi todo el aprendizaje consiste en la formación de redes cognitivas en el córtex. Fuster llama *cognits* a unidades de estas redes cognitivas. Estos mecanismos de asociación usarían una plataforma de conexiones preexistentes o innatas ligando uniones neuronales en los más altos niveles semánticos y conceptuales del córtex. Muchos *cognits* de la corteza prefrontal están preparados para implementar la sintaxis de las acciones motoras, y también lo están para implementar la sintaxis del lenguaje. Si estas reglas son asociaciones contingentes de unidades cognitivas, *cognits*, podría existir un aparato cortical innato para las reglas de la gramática, pero también común en procesos de aprendizaje (Fuster, 2003). Hay una cierta evidencia de que las reglas de los procesos genéticos y la memoria asociativa operan para procesar diferentes formas gramaticales, por ejemplo los verbos regulares frente a los irregulares (Pinker, 1991). Aparentemente dos enfoques diferentes, el genético y el aprendizaje, vuelven a ser complementarios. Es bien conocido que el desarrollo del lenguaje en los niños se corresponde con el desarrollo de las habilidades motoras. El procesamiento de *cognits* de asociación nos lleva de nuevo a Mountcastle y Hawkins y a sus patrones jerárquicos. El área de Broca sería homóloga a otra región filogenéticamente más antigua en el lóbulo frontal izquierdo especializada en el manejo de herramientas e instrumentos (Greenfield, 1991).

A nivel neurofisiológico, las pruebas de una estructura común del neocórtex provienen de los estudios histológicos y los primeros análisis de excitación de neuronas individuales en gatos y monos entre 1949 y 1955 (Mountcastle, 2003). El córtex se organiza horizontalmente en seis capas y verticalmente agrupa neuronas en sinapsis a lo largo de las capas horizontales. La unidad básica en el neocórtex maduro sería la minicolumna, una cadena estrecha de neuronas que se extiende verticalmente a lo largo de las capas II a la VI (Mountcastle 1998). Las minicolumnas, con una dimensión transversal de 40-50 μm , contendrían la mayoría de fenotipos neurales interconectados en vertical, y estarían unidas en columnas que agruparían entre 50-80 minicolumnas. Estas minicolumnas son muy similares en distintas áreas corticales. Se diferencian en conectividad o transmisores sinápticos y uno de los desafíos actuales de la neurociencia sería conocer cómo están ligadas estas unidades en diferentes áreas corticales y relacionadas dinámicamente con los sistemas distribuidos del neocórtex. Sin embargo, el 90% de la sinapsis de las células de cada columna viene de lugares ajenos a ella, ya sean otras

columnas cercanas o conexiones que recorren medio cerebro. La citoarquitectura del neocórtex estaría compuesta de pequeñas unidades, circuitos neuronales locales repetidos sin cesar que varían en el tipo de células, en la conexión externa o entre bloques, pero el diseño básico y la operación es la misma (Mountcastle, 1997). La minicolumna se considera hoy un modelo sólido de organización cortical (Buxhoeveden & Casanova, 2002; Opris & Casanova, 2014). Hawkins cree que las columnas son la unidad base de predicción y su jerarquía interior es la base del modelo de predicción–memoria (Hawkins & Blakeslee, 2004). El lenguaje encajaría en la MPF sin ninguna maquinaria diferente al resto de procesos cognitivos. Si entendemos el lenguaje como la capacidad del cerebro de codificar la información y traducirla en ideas y señales neurales específicas para mejorar sus esquemas de comunicación y recordamos que el lenguaje permite al cerebro humano categorizar la información, agrupar acciones, organizar el tiempo y planear el futuro (Ramos-Zúñiga & Villaseñor-Cabrera, 2011), realmente la sintaxis y semántica del lenguaje no es diferente de la estructura jerárquica de otros objetos cotidianos. Y si entendemos la palabra como un código que establece la conexión entre el sonido y su significado, las palabras habladas y escritas son patrones en la propia realidad (Hawkins & Blakeslee, 2004). Asociamos palabras habladas con nuestra memoria de sus equivalentes físicos y semánticos. El lenguaje necesita un gran neocórtex y también requiere un córtex motor y una musculatura desarrollada para reproducir y articular sonidos y gestos.

Parece más fructífero el camino que explica el lenguaje a partir de la nueva organización del neocórtex humano. Esto permite entender esa coincidencia de vías ventrales y dorsales y parece coincidente no sólo con la organización de los flujos de entrada de la percepción, sino también con la jerarquización de la información y el modelo operativo de la realidad que construye el cerebro. No olvidemos que un niño, como ya se comentó en el argumento de la pobreza del estímulo, puede desarrollar el lenguaje a partir de estímulos gestuales o verbales muy pobres. Los enunciados lingüísticos ocultan la estructura de las oraciones, que tienen una rígida organización jerárquica, rápidamente aprendida por el infante. Es la propia estructura de evolución general del cerebro humano la que permite expresar las categorías del lenguaje.

3.2.1. El Modelo MPF en la Práctica

“Computers and brains are built on completely different principles. One is programmed, one is self-learning”
Jeff Hawkins, 2004

En la discusión sobre las raíces genéticas del lenguaje siempre regresamos al problema original. Por ejemplo, cualquier lengua en la que lea un ser humano, activará en el hemisferio dominante para el lenguaje un área situada en el córtex temporal inferior, dedicada a la imagen y forma de las palabras. Parece que existe un sistema neuronal específico para el lenguaje en el reconocimiento de letras y otras anotaciones matemáticas o musicales (Sacks, 2010). ¿Por qué tenemos esa habilidad innata para leer si la escritura es un invento relativamente reciente en términos genéticos y evolutivos? Está claro que aunque este área parezca diseñada para el acto de leer, no evolucionó para este propósito específicamente. Vivimos en un mundo plagado de estímulos de todo tipo. Como hemos visto, clasificar el mundo para sobrevivir necesita de una jerarquía de modelos. No vemos las cosas como son, sino que vemos patrones, bordes, contornos y superficies. Es necesario extraer patrones invariantes de los estímulos cambiantes e interpretarlos en distintas circunstancias. No podemos guardar en nuestra memoria las millones de variaciones existentes en la presentación de los objetos. Necesitamos una colección finita de patrones que permitan muchas combinaciones. Como las letras del alfabeto. Durante el neurodesarrollo hay cosas, como las caras, que son aprendidas rápidamente. Pero buena parte del mundo lo aprendemos con la actividad y la experiencia, usando millones de neuronas que tienen una gran plasticidad solamente para el reconocimiento de patrones visuales. Estos circuitos de formación de patrones invariables pueden ser reclutados para el reconocimiento de caracteres escritos. De hecho, los sistemas de escritura comparten ciertas características topológicas con el entorno y la forma de las letras han sido seleccionadas para recordar los conglomerados de contornos que encontramos en los entornos naturales, aprovechando nuestros ya existentes mecanismos de reconocimiento (Changizi, Zhang, Ye, & Shimojo, 2006). Nuestro cerebro sólo aceptaría un número limitado de formas y patrones. El lenguaje no aparece como una adaptación evolutiva directa, depende

de la plasticidad cerebral y su invención usa, con metáforas brillantes o patrones y modelos, una predisposición neural preexistente.

La propuesta de patrones de aprendizaje de la MPF, como esquema de funcionamiento explicativo, sin embargo, ha sido también criticada. Se dice que es una teoría incompleta y que otorga demasiada importancia a la memoria en el proceso cognitivo (Feldman, 2005). Por otro lado, el ganador en el año 2000 del premio Nobel de fisiología y medicina, Eric Kandel, en las reseñas del libro *On Intelligence* (Hawkins y Blakeslee, 2004), cree que es reveladora para el futuro de máquinas inteligentes. Hasta ese momento, la teoría MPF formulada por Hawkins, era una teoría biológica. Dileep, con la ayuda de Hawkins, se ocupó de los algoritmos matemáticos complementarios a esta teoría (Dileep & Hawkins, 2005; Dileep, 2008). Bautizaron al sistema de algoritmos y explicación más global, teoría de la memoria temporal jerárquica (*Hierarchical Temporal Memory*, HTM).

A partir de una empresa establecida por el propio Hawkins –creador en el pasado del software y hardware de los ordenadores de mano Palm–, llamada Numenta, y de su propia fundación de investigación, el Redwood Neuroscience Institute, lanzaron una plataforma de software de reconocimiento visual, actualizada constantemente, siguiendo los algoritmos de la HTM (Hawkins, Ahmad & Dubinsky, 2011). El software no se programa, se entrena, exponiéndose a un flujo de datos sensoriales. En el experimento inicial, se comenzó presentando 3 objetos. Deleep dibujó un gato, una oveja y un helicóptero, cargó el algoritmo y entrenó al ordenador. Entonces introdujo variaciones en los objetos, versiones que la máquina nunca había visto. La máquina situó las imágenes en las categorías correctas, aprendiendo, e incluso, estimó la probabilidad de acierto con que lo hacía (Deleep, 2008). Las propiedades predictivas del sistema HTM reflejan el modelo de neocórtex que propugna Hawkins para el que predicción e inferencia cognitiva son casi lo mismo y son parte integral de cómo funciona una región de HTM (Hawkins, Ahmad, & Dubinsky, 2011). De esta manera, las características de las predicciones con procesos cognitivos y de aprendizaje, serían:

1. La predicción es un fenómeno continuo a cualquier nivel. En el caso del lenguaje, regiones inferiores podrían predecir los próximos fonemas y niveles superiores palabras o frases completas.
2. La predicción acontece en todas las regiones y niveles de la jerarquía.

3. Las predicciones son sensibles al contexto, copiando nuestras experiencias en el mundo real. No se predice lo inmediato, sino muchos pasos por delante. Puede que se vuelva a replantar algunos o la predicción sigue avanzando generando predicciones más estables que los estímulos entrantes. De hecho, conceptos más globales como el nombre de una canción, cambian más despacio que las notas que vamos escuchando y anticipando de la canción.

4. Las predicciones llevan a la estabilidad, pero las regiones de HTM son, en realidad, detectores de novedades que se apartan de los modelos de predicción.

5. Una predicción nos dice si una nueva entrada, o estímulo, es esperada o inesperada. Si una HTM está procesando lenguaje hablado, debería predecir qué sonidos, palabras e ideas van a recibirse. Esta predicción rellena los huecos (*fills in*) de datos perdidos, despeja ambigüedad y hace el sistema más robusto al ruido.

Todo el comportamiento estaría influido por nuestras percepciones. Las entradas sensoriales y el comportamiento motor, están íntimamente unidos, de tal manera que la mayoría de regiones en el neocórtex presentan una eferencia motora, incluso las de nivel sensorial más bajo. Hawkins y Deleap no han conseguido integrar aún comportamientos motores en su modelo de software.

Pero en abril de 2015, la compañía IBM ha cerrado un acuerdo con Jeff Hawkins para investigar en los algoritmos de Numenta y desarrollar un chip que funcione reproduciendo las redes de funcionamiento neuronal de su teoría (Simonite, 2015). Hawkins avisa que se acerca la auténtica inteligencia artificial y opina, de manera controvertida para otros científicos, que: *“We think we’re building an intellectual property base for the next 30 years of computing”* (Simonite, 2015, § 14).

3.2.2. Joaquín Fuster y los *Cognits*

Tras el misterio del lenguaje hay un algoritmo común que utiliza la misma organización cerebral que otras partes del neocórtex. Con el proceso de hominización en las zonas prefrontales, motivación y aprendizaje debían procesar semejantemente muchas habilidades. El lanzamiento de un objeto para hacer blanco en un animal exige un complejo cálculo mental que al activarse utiliza los mismos circuitos que el cálculo que permite la producción verbal (Serrano, 2003). Es conocido el paralelismo entre la actividad de la mano, la boca, la lengua y la laringe. Puede que el cálculo mental y social esté asociado a la sintaxis en la estructura del proceso, igual que el reconocimiento visual o las predicciones que veíamos más arriba.

Por su parte, Joaquín Fuster presentó en las conferencias Almaden de IBM en 2006 un trabajo de recopilación de estímulos agrupando multitud de experimentos de varios centros de investigación sobre memoria de trabajo visual, espacial y verbal (Fuster, 2006). Este meta-análisis gráfico presenta en tiempo real, las sucesivas o recurrentes activaciones de las redes de memoria en el córtex visual, áreas auditivas, dorsal prefrontal, cíngulo anterior, órbito-frontal, etc. La teoría de Fuster de los *cognits* como redes corticales de representación, una especie de *qualias* físicos y tangibles, presenta una mayor solidez neurocientífica y una explicación complementaria de las acciones motoras (percepción y acción) que el modelo de Hawkins. Pero los resultados del software HTM son innegables y presentan un futuro de desarrollo en Inteligencia Artificial (AI) después de muchos intentos fallidos.

Para Fuster, las claves de las redes de memoria, serían las siguientes (Fuster, 2006):

1. El código de la memoria es relacional. Las redes de memoria, *cognits*, son asociaciones entre agrupaciones de neuronas más o menos dispersas en el neocórtex. No se emplea el concepto de columna neuronal.
2. Las redes de memoria perceptual están organizadas jerárquicamente en el córtex posterior. Las redes de memoria ejecutiva, en el córtex frontal.

3. El córtex prefrontal, en la cúspide del ciclo de acción-percepción, media los sucesos temporales con su integración ejecutiva de la memoria de trabajo.

4. Esa memoria de trabajo es mantenida por la actividad recurrente entre el córtex prefrontal y las áreas asociativas del córtex posterior.

En la dinámica de la memoria de trabajo, para la obtención de un fin, es fundamental la mediación temporal entre acciones y percepciones (Fuster, 2006), recordando a la teoría MPF:

SI AHORA ES ESTO, ENTONCES MÁS TARDE, ESO;
SI ANTES ERA ESO, ENTONCES AHORA ES ESTO.

Lo más llamativo de los experimentos de Fuster y su equipo, es el carácter compartido de las redes de memoria, *cognits* para el reconocimiento de patrones ya sean visuales, auditivos o verbales. Muchas áreas corticales se activan y las mismas neuronas forman parte de distintas redes perceptuales en ese diálogo entre el córtex prefrontal y las áreas asociativas posteriores.

También la MPF, la nueva HTM y los *cognits* encajarían bien con el modelo neural para el lenguaje de Hagoort, que sugiere tres componentes en el procesamiento del lenguaje: memoria para almacenar y recuperar información, unificación para integrar distintos tipos de información y control que remitiría a la acción (Hagoort, 2005). También podemos decir que el lenguaje es un dispositivo computacional de carácter cognitivo que, siendo funcionalmente autónomo, no sería independiente en términos genéticos, neurobiológicos y evolutivos (Benítez-Burraco, 2007; 2009).

La dependencia genética del lenguaje se presenta complicada. La diversidad de patrones en el lenguaje humano pueden derivarse de la interacción con la evolución cultural, a partir de la naturaleza de la cognición, el sistema perceptivo y motor, limitaciones en el aprendizaje y sus procesos. Los genes para el lenguaje podrían haber evolucionado solo con aspectos muy estables o básicos de los mecanismos lingüísticos. Propiedades del lenguaje, que cambien con las convenciones culturales, no pueden estar en el genoma, que cambia mucho más lento que la cultura (Chater, Reali, & Christiansen, 2009).

¿Qué pasa, pues, con FOXP2, brillante encuentro de un gen asociado al lenguaje específicamente? No parece que esté ligado a propiedades arbitrarias del lenguaje. Influiría en sistemas de aprendizaje de dominio general procedural (Fisher, 2006).

Los genes no especifican comportamientos o procesos cognitivos directamente. Son factores reguladores, marcadores de moléculas, receptores, enzimas, etc., que interactúan en redes complejas, modulados por influencia del entorno para mantener al cerebro. En toda esta producción científica sobre FOXP2 se ha encontrado que su homólogo (FoxP2) se relaciona en el caso de algunos pájaros con la adquisición social del canto y con los niveles de expresión del gen en la llamada *área X*, componente del circuito cerebral anterior vinculado al aprendizaje del canto y con correspondencia en los ganglios basales humanos, donde también se manifiesta FOXP2 (Lorenzo, 2009).

Pájaros y humanos pueden haber desarrollado independientemente habilidades de tipo combinatorio, modificando mínimamente la misma red de regulación génica de la que FOXP2 forma parte. Parece funcionar en un componente de memoria, en el córtex y en otro componente, generador de patrones, en los ganglios basales. Deberíamos recordar a Darwin de nuevo (Darwin, 1872/1965).

Parece que la evolución del lenguaje humano se entenderá en términos de evolución cultural y como adaptación biológica solo en cuanto a que es aquello a lo que tenemos disposición a aprender en la estructura preexistente del neocórtex.

La genética del lenguaje quedará integrada en la génesis de un funcionamiento común de organización jerárquica y capacidad de hacer prototipos, patrones, modelos, de modelizar la realidad, característica vital de la evolución a la cognición humana defendida por Hawkins y conectada vitalmente a las habilidades sociales de la humanidad a través del sistema de neuronas espejo y la memoria como también defienden Ramachandran (2011), Cattaneo y Rizzolatti (2009; Rizzolatti, 2006) y Fuster (2003).

El lenguaje tiene un componente innato en el cerebro humano, en cuanto su estructura responde a la manera de aprender del cerebro y gestionar los modelos memorísticos en los procesos cognitivos. Pero no hay una maquinaria exclusiva para el lenguaje en la dotación genética, sino que seguramente está relacionado con el resto de sistemas cognitivos,

perceptuales y motores con un mayor o menor reflejo del lenguaje en algún proceso de cognición, que serían los casos de daños en el lenguaje no sobrevenidos: tiene que haber otras alteraciones cognitivas o de aprendizaje junto con ellas. Que algo se manifieste en el lenguaje no tiene por qué ser para el lenguaje exclusivamente.

La existencia de unos algoritmos comunes, aunque con excepciones, en el proceso de aprendizaje hebbiano del neocórtex, facilita la comprensión de la marca genética para el lenguaje y otras habilidades corticales superiores que compartirían procesos semejantes de aprendizaje, tal como postula la teoría del marco predicción–memoria y la HTM. Sin embargo, esta teoría, que parece abrir un camino prometedor hacia máquinas inteligentes en los próximos años y explicar un concepto de inteligencia compatible con la evolución, no explica aún las especializaciones modulares del neocórtex durante la ontogénesis, ni ha progresado aún más allá de modelos bayesianos de aprendizaje básico. La conexión con los *cognits* de Fuster, parece mostrar un camino en el que la memoria, la capacidad de almacenar información del cerebro, y el aprendizaje de patrones, dan una buena conexión para ver el diálogo entre genotipo y fenotipo a lo largo de las dos evoluciones, la cultural social y la natural genética.

Como hemos visto, la memoria juega un papel dominante en el funcionamiento cognitivo. La imagen que se está formando del lenguaje en el córtex humano es la de redes activas, extensas y complejas con contenidos cognitivos que operan algoritmos comunes a muchas demandas y son esenciales, en concreto, para la comprensión y expresión del lenguaje. Podemos hablar de patrones de memoria que construyen modelos de predicción, modelos temporales jerárquicos de memoria, como propugna Hawkins o, como propone Fuster, *cognits*, redes neuronales que incluirían la atención, la memoria de trabajo, auditiva y visual con acceso a la memoria a largo plazo. Es verdad que el proceso constructivo del lenguaje se encuentra en parte en dos grandes áreas del hemisferio izquierdo, Wernicke para el significado y Broca en la expresión sintáctica, pero sus procesos no se pueden concebir sin la contribución cognitiva en múltiples redes compartidas con un algoritmo común en la fabricación incesante de patrones en todo el neocórtex (Hawkins & Blakeslee, 2004). No parece razonable construir módulos lingüísticos o áreas dedicadas al lenguaje fuera del contexto general de la cognición (Fuster, 2003). Tanto estas bases cognitivas como las operaciones del lenguaje muestran una plasticidad grande en la adaptación humana a su entorno, a partir de un mecanismo genético común de construcción de modelos en continuo cambio. Si es así, el lenguaje ha evolucionado

para ajustarse al cerebro humano y sus previamente desarrollados sistemas de cognición, mediante la memoria y aprendizaje, y no al revés.

3.3. Los Audiovisuales como simulacro

“Perhaps we ourselves are no more than sign systems”

David Bordwell, 2013

Nuestros cerebros, aunque en constante cambio, han evolucionado a su estado actual antes de que se inventaran las películas. Los cerebros están para trabajar y lidiar con los desafíos del mundo real. Igual que no hemos evolucionado para crear el lenguaje, no hemos evolucionado para ver películas. Más bien las películas han ido cambiando para adaptarse y aprovechar los cerebros que tenemos.

Las películas modelizan la realidad de alguna manera. No hay un lenguaje audiovisual como un alfabeto, como veremos. Más bien serían modelos perceptuales adaptativos. Dichas tareas cerebrales en torno a la percepción son bastante conocidas, y se organizarían según Zacks (2015) resume, en tres principios que nos serán familiares tras el repaso anterior de la teoría MPF y los cognits:

- Muchas áreas del cerebro son **mapas neurales** de nuestro mundo visual. Un mapa así, es una representación en el cerebro, organizada de tal manera que cuando dos espacios están próximos en el mundo real, activan grupos próximos de neuronas en el córtex. Algunos mapas están muy definidos, otros son pálidos reflejos, como en el sistema visual.
- Las áreas visuales están **especializadas**, dividiendo los procesos visuales según diferentes características de los objetos y los eventos. Algunas áreas son sensibles al brillo, o al color, al movimiento, a la orientación o la forma, por ejemplo.

- Estas áreas están dispuestas **jerárquicamente**, en niveles o capas sucesivas. Las que nos ocupan, las perceptivas, están en el córtex posterior, como recordaba Fuster (2006) y la organización es en columnas, como demostró Mountcastle (1997). Cada nivel recibiría señales por ejemplo de los ojos, pasando por pocas neuronas. Es importante que cada capa no sólo lleva la señal al nivel superior, sino que también vuelve a alimentar al inferior, fenómeno vital para el proceso visual.

Estos principios han sido bien comprobados en el estudio del sistema visual. Repasando a grandes rasgos, desde el ojo, a través del nervio óptico, las señales se conducen contralateralmente, parcialmente redistribuidas en el quiasma óptico, a los núcleos geniculados laterales. Ahí hay dos vías visuales principales, las corrientes dorsales (donde o, mejor, orientada a la acción) que vienen en parte de la vía magnocelular, por el mayor tamaño de sus células, y las ventrales (el qué) que vendrían en parte de la vía parvocelular, por el tamaño más pequeño de sus células (Milner & Goodale, 2006; Robert Snowden, Thompson, & Troscianko, 2006). Estas vías llegan a la primera estación de proceso, el córtex visual primario, V1, en la parte occipital del cerebro (cuando nos dan un golpe allí “vemos las estrellas”). Las neuronas de V1 son sensibles a la localización (el mapa neural), y son muy especializadas para responder a cambios en el tiempo, el brillo o el contraste (Hubel, 1995/2000). Según nos vamos hacia arriba en la jerarquía, las características de las demás áreas y su sensibilidad es mucho más compleja. Hay áreas especializadas en el color y la forma, el movimiento y, a nivel superior una integración para identificar y categorizar objetos, siguiendo un algoritmo que hemos visto generalizado en el córtex según Mountcastle (1978; 1998; 2003). David Marr (1982) con su teoría computacional de la visión, fue de los que abrieron el camino iniciado por Hubel y Wiesel (1959; 1962). Más frontalmente, hay células que responden a objetos específicos y personas y, en la zona ífero temporal, responden muchas veces a personas concretas. Estas neuronas son lo más próximo a las *células abuelas*, por ejemplo, llamadas así en este caso por reaccionar sólo ante la imagen de tu abuela llegado el caso, como bromean frecuentemente ante esta denominación acuñada en 1969 por Jerry Lettvin y ya integrada en los estudios perceptivos (Gross, 2002). Hay muchos pasos intermedios que no son conocidos en su totalidad. Aún más arriba en la jerarquía, se integra información que viene de otros sentidos, lo que provoca reacciones no sólo cuando se ve, sino cuando se toca o se oye. Hoy sabemos que la zona prefrontal, concentrando la atención visual, tiene mucho que ver. Aunque la retina está respondiendo continuamente a los estímulos visuales, la corteza visual

no tiene por qué hacerlo (Alonso-López, 2002), hay que distinguir entre el foco de atención y el centro de visión, que no siempre están alineados. Es posible centrar la visión en esta página que usted está leyendo y la atención, en alguien que nos viene a distraer o cualquier otro evento. Muchas cosas que atribuimos coloquialmente a falta de memoria, simplemente son falta de atención. El cerebro desecha gran parte de información, que no impide identificar los objetos importantes para vivir. Como decía Hugo Münsterberg sobre el cine:

“We find now that the reality of the action in the photoplay in still another respect lacks objective independence, because it yields to our subjective play of attention. Wherever our attention becomes focused on a special feature, the surrounding adjusts itself, eliminates everything in which we are not interested, and by the close-up heightens the vividness of that on which our mind is concentrated. It is as if that outer world were woven into our mind and were shaped not through its own laws but by the acts of our attention” (Munsterberg, 1916, facsímil pp. 90)

Por otra parte, si en el sistema perceptivo hemos recordado que los *primeros* niveles de análisis están próximos al ojo, en el sistema motor, orientado a la acción directa, los *últimos* niveles están próximos a la mano. A través de este razonamiento, Jeff Zacks (2015) nos recuerda que la jerarquía perceptual y la motora están en constante cambio y adaptación mutua todo el tiempo. El elemento aglutinador, en el córtex prefrontal, es la memoria, que a partir de las entradas de la audición, visión, tacto, etc., integra la situación para mantener nuestra representación del mundo, construyendo modelos, como también sostendría Jeff Hawkins (2004). En este contexto, la percepción de los audiovisuales se realiza a partir de la construcción de modelos que simulan la percepción de la realidad.

3.3.1. El Cine, ¿es un lenguaje?

“Ce qui demande à être compris, c’est le fait que les films soient compris”

Christian Metz, 1968

Un modelo no es una descripción en ningún tipo de lenguaje. Un modelo de un evento está relacionado con la cosa que representa. No hay que confundirlo con una imagen. Los modelos tienen componentes que permiten proyectar simulaciones sobre cómo se comportarían en el mundo. Cuando entendemos una historia, estamos simulando los elementos de esa historia, aún más, si entendemos una historia leyendo lenguaje escrito, usamos el mismo sistema que usamos para construir modelos en el mundo real (Zacks, Speer, & Reynolds, 2009).

La pregunta sobre si el cine es un lenguaje es muy difícil y las repuestas son muy debatidas. Dependerá en primera instancia, del concepto de lenguaje, definición que puede ampliarse, con una semántica difusa, hasta no ser operativa la definición que obtengamos.

El primer Metz (1968/2002) ya dejó claro que lengua no es. Basándose en los enfoques de Saussure, diferenciando las categorías de *langage* como lenguaje en general o técnico, *langue*, el lenguaje natural, lo que entendemos como inglés o francés, español o catalán y *parole*, que sería el habla o el discurso. Conectado incluso con los usos del lenguaje de Wittgenstein, Metz parte de la opacidad del cine que, como medio, se caracteriza por el poder ilusorio basado en la verosimilitud, en crear una ilusión de realidad. El problema del cine como lenguaje comenzaría con el problema de “la unidad mínima” cinematográfica. Aquí Metz recalca la confusión inicial entre código y lenguaje: sistema abstracto y materia de expresión (Metz, 1971/1973). No habría una unidad mínima en el cine (ni siquiera el fotograma), en detrimento de los *kinemas* de Passolini. Años atrás, Metz ya veía que “hasta el plano más parcial y fragmentario (...) presenta un fragmento completo de realidad” (Metz, 1968/2002, pp. 138). El plano fílmico es radicalmente diferente de la palabra lingüística. En los estudios de cine se confundiría lenguaje con lengua. Sólo queda la solución de buscar la

gramática cinematográfica en la lingüística y gramáticas generales, disciplinas no normativas, sólo analíticas. Su contenido en el cine, que Metz denomina *la gran sintagmática de la banda de imágenes* (Metz, 1968/2002), se relativiza en la práctica y Metz debe reconocer años después, que este código fue sobreestimado y era incompleto (Metz, 1971).

“No existe el signo cinematográfico”, cree Metz (1971/1973, pp. 238). Esa idea pertenece a una clasificación ingenua, como los signos musicales o pictóricos, que procede por unidades materiales, supuestos lenguajes, y no por unidades de pertinencia, códigos. A esto Metz llega a bautizarlo como el *fanatismo de lo específico* que no existe sin la metafísica. No habría en el cine, ni en ningún sitio un código soberano que imponga sus unidades mínimas (Metz, 1971/1973). Habría muchos códigos. Tampoco es correcto considerar el cine como lenguaje, esto es, un sistema de signos destinados a la comunicación: “el filme, siempre estaría más acá o más allá del lenguaje” (Metz, 1971/1973, pp. 339). La imagen no se puede enseñar en el sentido que se enseña una lengua. La lengua, incluso, sirve de *metalenguaje* a los lenguajes u objetos más diversos, incluso a los que no son lingüísticos. Por ello, el cine no está codificado como el lenguaje verbal. En este sentido, la *impresión de realidad* característica del cine, no estaría basada en códigos sociales sino en la percepción natural de las cosas (Bordwell, 2013).

Todo ello, llevará a Metz, en años posteriores, a cambiar el enfoque del significado a la recepción y los receptores de las películas, ya desde el punto de vista psicoanalítico. Pero aquí abandonaremos ese punto de vista. Sin embargo, comparar el cine con el ensueño, el cine como ilusión de realidad pactada por el espectador, también nos puede llevar de nuevo al simulacro del mundo, a los modelos.

Pero el cine está codificado en algún grado, como cualquiera que quiera analizar una película puede comprobar a nivel narrativo, aunque los planos no son como las palabras. Las palabras son símbolos abstractos y la relación de las palabras y sus referentes son, en buena parte, arbitrarias. Tenemos que aprender el significado de una palabra. Los planos de las películas, en cambio, son representaciones pictóricas de alguna manera. Para recuperar su significado, hay que recurrir a la *capacidad de reconocimiento perceptivo natural* que tenemos si hemos gozado de un desarrollo normal de nuestras habilidades (Carroll & Seeley, 2013). Si el lenguaje del cine es un lenguaje, sería como un segundo lenguaje, pero no cuesta entenderlo, al contrario de como aprendemos una segunda lengua tardíamente y con gran esfuerzo. Hay una experiencia universal y entre culturas diferentes para la comprensión de los audiovisuales.

Noël Carroll y William Seeley concluyen sobre la hipótesis del cine como lenguaje: “... *our claim is that the film language hypothesis is best treated as a metaphor, and a poor one at that*” (Carroll & Seeley, 2013, pp. 57).

Aunque las cosas nunca son tan sencillas. Ahora podemos preguntarnos si es posible comprobar esto. ¿Si alguien nunca hubiese visto una película, entendería algo? Muchas veces nos han hablado del realismo instintivo y las reacciones que provocaba el cine en sus orígenes, recordando los sustos de los espectadores ante los trenes que entraban en las estaciones. Parece haber una antigua confusión entre la realidad y su reproducción. Los historiadores han recogido numerosos ejemplos. Marcel Martin recuerda cómo en 1897, en Gorljj, Rusia, la barraca cinematográfica del mítico viajero cineasta Felix Mesguich fue incendiada por campesinos que creían actos de brujería que el zar apareciese allí o aquel cine rural italiano, donde los espectadores al ver una erupción volcánica en la pantalla, salieron huyendo de la proyección (Martin, 1955/2002). Lo interesante sería investigar esto en nuestros días. Y eso es lo que hicieron Stephan Swan y Sermin Ildirar en 2010.

A partir de la tesis doctoral de Sermin Ildirar en la Facultad de Ciencias de la Comunicación de Estambul, Turquía, y en fructífera colaboración analítica con Stephan Schwan del Knowledge Media Research Center, en Tubinga, Alemania, estos investigadores publicaron un interesante trabajo titulado *Watching Film for the First Time: How Adult Viewers Interpret Perceptual Discontinuities in Film* (2010). ¿Qué pasaría si mostrásemos distintos fragmentos audiovisuales con distinto montaje y punto de vista a personas que nunca hayan visto cine o televisión? Ildirar, cargado con un ordenador portátil, multitud de baterías y 14 clips cortos de video con duración variable, encontró a 20 adultos que vivían en pequeñas casas aisladas en las montañas del sur de Isparta, en Turquía, y no habían tenido contacto con películas o televisión y sólo recientemente algunos tenían electricidad, pero no la posibilidad de adquirir un receptor de televisión. Conocían el concepto de manera abstracta y algunos tenían fotografías de hijos o nietos. Se comparó a este grupo con otros que habían tenido contactos esporádicos con la televisión y otros que tenían televisiones en poblaciones más grandes. Los video clips mostraban escenas y acciones que pudieran ser familiares en la vida cotidiana de los participantes, pero lo más interesante era que su narrativa estaba construida sistemáticamente con los recursos de montaje y discontinuidad típicos de las películas. Había movimientos de cámara, planos y contraplanos, cambios de perspectiva, saltos espaciales, elipsis temporales y, especialmente señalado para este estudio, cambios en el punto de vista del

observador y visiones subjetivas de las acciones. Numerosos estudios previos, casi siempre etnográficos, en zonas incomunicadas de África o Asia, concluían que la comprensión era casi total, aunque había una confusión entre la realidad y la pantalla (por ejemplo: Hobbs, Frost, Davis, & Stauffer, 1988).

Ildirar y Schwan encontraron que todos los participantes entendían lo que estaban viendo en general. Y ninguno confundió la pantalla con la realidad. Precisamente los recursos de montaje alejaron a los participantes de concebir como real lo que veían en las pantallas. Consideraban que eran imágenes de la vida de otras personas que no conocían. Las limitaciones para evitar la confusión con la realidad se consideraron que eran debidas a la presentación en una pantalla pequeña de ordenador, el conocimiento abstracto de la existencia de la televisión y la familiaridad con las fotografías. Sin embargo, la comprensión de los que no conocían la televisión fue muy diferente de los grupos de control. Los planos aislados eran comprensibles y eran bien interpretados en general, pero la narración no se integraba en una continuidad explicativa uniendo cambios de plano. Lo más interesante fue la carencia de comprensión de la cámara subjetiva como cambio desde un plano de un personaje a su mirada de la acción desde su punto de vista. Se creía que esto sería lo más fácil de entender y, sin embargo, nunca entendieron que la cámara podía ser una sustitución de la mirada de un observador abstracto que estuviese actuando allí. Los sujetos comprendían las acciones mostradas que eran familiares con su realidad, caminar, preparar la comida, por ejemplo, pero no comprendían la estructura de las películas en cuanto al montaje. Lo comprensible eran los eventos reales que veían y la comprensión narrativa necesitaba de una experiencia previa con la comprensión del montaje. Algunas técnicas de discontinuidad cinematográfica parecen construir un continuo desde la realidad a la abstracción, y necesitan de experiencia previa para su comprensión (Schwan & Ildirar, 2010).

En posteriores investigaciones (Ildirar & Schwan, 2014), matizan y limitan más la comprensión de las películas en aquellos que carecían de experiencia viendo audiovisuales. Esta vez hacían la pregunta clave: ¿qué prerrequisitos perceptuales y cognitivos son necesarios para comprender una película? La respuesta no está clara, pero observan tres tipos de categorías comunes para comprender una discontinuidad narrativa en el montaje, a saber, pictóricas, causales y conceptuales. Las pictóricas tendrían que ver con la percepción continua de la identidad del objeto, las causales con la cadena de actividad mostrada para la continuidad entre planos y la conceptual expresaría las ligazones entre la dirección de la mirada y la

atención al objeto representado. Si bien la comprensión de los eventos presentados a los sujetos que no tenían experiencia televisiva fue aceptable en unidades independientes, la comprensión temporal y espacial del conjunto fue deficitaria, con una especial carencia de comprensión de la continuidad de acciones entre los planos. La comprensión no fue un “todo o nada”, se entendía, pero algunos cambios de plano fueron interpretados como un movimiento del sujeto o si se pasaba de un general a un primer plano se creía que había personajes que se habían marchado (Ildirar & Schwan, 2014). Estas carencias son coherentes con la percepción de audiovisuales en niños muy pequeños (Leslie & Keeble, 1987). Faltaba un conocimiento de las convenciones clásicas de las películas para establecer coherencia entre los cambios de plano.

A esas personas les faltaban unas convenciones, arbitrarias como el lenguaje, sí, pero al contrario que él, eran muy parciales, sólo faltaban unos códigos, laxos en su uso, pero el simulacro de realidad funcionaba. Percibimos lo que necesitamos en un contexto. Y percibimos las películas como percibimos los eventos ordinarios en la vida cotidiana. Aunque la percepción de las películas, efectivamente, necesita de algo más que la atención, el salto a la interpretación por parte del espectador (Carroll & Seeley, 2013). Hugo Münsterberg nos lo recordó con su claridad habitual:

“The objective world is molded by the interests of the mind. Events which are far distant from one another so that we could not be physically present at all of them at the same time are fusing in our field of vision, just as they are brought together in our own consciousness” (Münsterberg, 1916, faccísísimil pp. 106).

Para entender una historia, construiríamos modelos de los hechos de la historia, una representación que se corresponde con la situación en la historia. Si entendemos una historia, “estamos simulando” en cierta manera los hechos que allí pasan (Zacks, 2015). En un modelo de eventos, al revés de lo que pasa con el lenguaje, la representación, el simulacro construido, está sistemáticamente cerca de la cosa que está siendo representada.

No hay un lenguaje audiovisual en sentido estricto. El cine es un simulacro del mundo que conecta, cuando es arte, con nuestra imaginación, nuestros sueños y la memoria intertextual.

3.4. La Percepción cinemática

“Eppur si muove”

Galileo Galilei, 1633

Las cosas que se entienden decimos que se ven claras. No hay mejor manera de aprender que aprehender. La Gestalt apuntó a un factor clave en la comprensión, como efecto de las cosas, cuando acontece el ¡Ajá! de las cosas percibidas. Los desvelos de muchas disciplinas por entender la percepción del movimiento han sido gigantescos. Pocos sistemas han sido más estudiados que el sistema de la visión. Y desde muchas disciplinas, muchas terriblemente y necesariamente o no, especializadas, como la psicología, la neurofisiología, la comunicación, la cinética, la medicina, el estudio de redes neurales, el arte, la visión artificial, la neurocinemática,...

Muchas explicaciones desde una u otra disciplina, en esos resúmenes que acompañan a muchos estados de la cuestión, se convierten en un recetario de síntomas e interesantes características científicas que parecen, desde un punto de vista u otro, no dar ninguna explicación clara. Pero sí sufren una obsolescencia rápida ante nuevos descubrimientos o enfoques. Como veremos, la explicación del movimiento, sabemos dónde está, pero no sabemos muy bien cómo se termina integrando en nuestra percepción del mundo, porque aún no está clara la percepción del mundo y eso que llamamos un pensamiento. Puede ser el problema de la integración y la unificación de conocimientos, más un cambio de punto de vista. Hay quien cree que los filósofos son buenos haciendo preguntas, pero malos respondiéndolas. Y que los científicos no hacen buenas preguntas pero sus respuestas son más aquilatadas (Koch, 2005). Las afirmaciones de conocimiento se pueden leer como un juego de lenguaje, desde las humanidades, desde las ciencias naturales o el sentido común, como podríamos analizar las afirmaciones de La Mettrie, interpretables en todas esas disciplinas, de

que cuanto más salvajes son los animales, menos cerebro tienen o que cuanto más se gana desde el lado del espíritu más se pierde del lado del instinto (La Metrie, 1748/1961). El porqué pasa esto, en cualquier caso, excede a este trabajo y a este investigador. No por ello hay que caer en la melancolía. Sin caer en mecanicismos positivistas, por ahora, creo firmemente que estamos más cerca de comprender el cerebro y los audiovisuales.

Estamos más cerca desde que Walter Benjamin nos abrió los ojos a la reproducción mecánica también en el arte (Benjamin, 1936). A través del siglo XX, la reproductibilidad se convirtió en un símil de la comprensión o la verdad en muchas disciplinas. Por eso, muchas veces, la ingeniería va por delante con resultados técnicos frente a las explicaciones. En muchas disciplinas, la ingeniería inversa se ha mostrado fructífera y se toma como señal de éxito. Como hemos visto en la anterior sección, la inteligencia artificial a través de la comprensión de las redes neurales y nuestra memoria, sería supuestamente uno de esos éxitos de reproducción y es una de esas cosas que justificaría el esfuerzo de muchos investigadores. Sin embargo, desde la neurociencia, otro Benjamin, Benjamin Libet y colegas, demostraron el problema de la comprensión y la cuestión a la que nos enfrentamos de una manera clara: la iniciación de un acto voluntario libre comienza inconscientemente, esto es, se toma antes de cualquier decisión consciente de que hayamos decidido algo. Esto cuestiona la iniciación y el control consciente de nuestros actos (Libet, Gleason, Wright, & Pearl, 1983). Por un lado, nos podemos preocupar por el libre albedrío, pero también podemos pensar que si hoy podemos entender científicamente el inconsciente, el “zombie” de Crick y Koch (1990), podremos explicar lo que experimentamos con el mundo y entender por qué cuesta su comprensión.

También es objetivo de este trabajo colaborar a tender puentes entre las Ciencias de la Comunicación y las Neurociencias. Debe haber un debate e intercambio de ideas continuo entre esas disciplinas para comprender mejor los procesos de cognición de las películas y la visión de la realidad en general. En esta sección trataremos hipótesis erróneas sobre la explicación del movimiento aparente, como la persistencia retiniana; manifestaciones del movimiento aparente; estado de la cuestión en psicología y neurociencias; cómo creemos que se ven las películas; características y discontinuidades del flujo narrativo audiovisual y las reglas de la continuidad clásica para caracterizar una de las variables de nuestro estudio sobre las diferencias perceptivas en los audiovisuales.

Y, sin embargo, se mueve.

3.4.1. La Persistencia Retiniana como hipótesis errónea

“...the motion which he sees appears to be a true motion, and yet is created by his own mind. The statement that our impression of movement does not result simply from the seeing of successive stages but includes a higher mental act into which the successive visual impressions enter merely as factors is in itself not really an explanation. We have not settled by it the nature of that higher central process. But it is enough for us to see that the impression of the continuity of the motion results from a complex mental process by which the various pictures are held together in the unity of a higher act.

(...)

The afterimages of the successive pictures are not sufficient to produce a substitute for the continuous outer stimulation; the essential condition is rather the inner mental activity which unites the separate phases in the idea of connected action”.

Hugo Münsterberg, 1916

Llevamos un par de siglos cargando con una errónea teoría acerca de cómo percibimos las imágenes en *movimiento aparente*: la llamada persistencia retiniana².

Una sencilla reflexión sobre la persistencia retiniana nos debería convencer de lo absurdo del concepto como explicación de la percepción del movimiento cinematográfico. Miramos al sol un momento breve y al desviar la vista, una post-imagen, una persistencia retiniana o fosfeno, nos acompaña en nuestro campo de visión allá donde miremos. ¿Qué tiene que ver esto con la percepción de las imágenes cinematográficas o televisivas? Nada. Si este principio fuera práctico para ver las imágenes fijas en movimiento, un destello tras otro se acumularía en nuestra visión, allá donde la imagen fuera semejante, y crearía un batiburrillo deslumbrado de luz que poco tiene que ver con la ilusión del movimiento en el cine. El error de recurrir a la *persistencia retiniana* o la *persistencia de la visión* para explicar la percepción del movimiento aparente que vemos en el cine y la televisión es una constante en los estudios de historia cinematográfica, los manuales técnicos y las obras divulgativas. El porqué esta explicación errónea se ha perpetuado durante tanto tiempo en las Ciencias de la Comunicación y otras disciplinas, se debe a varios factores (Martín-Pascual, 2008).

² Las secciones de *La persistencia retiniana como hipótesis errónea* están adaptadas y actualizadas a partir del trabajo del autor “La Persistencia Retiniana y el Fenómeno Phi como error en la explicación del Movimiento Aparente en Cinematografía y Televisión” (Martín-Pascual, 2008).

El primero de ellos es la sencillez de la explicación original, que no ha movido a las dudas a los usuarios de la idea, cuyos intereses solían ser colaterales a los mecanismos fisiológicos o neurológicos de la percepción. Es usar la escalera y tirarla una vez arriba para teorizar sobre otras áreas entonces más fructíferas. Pero sobre unos cimientos peligrosos. Las fuentes transdisciplinarias que investigaban el movimiento aparente no fluían por los derroteros de las ciencias de la Comunicación o la tecnología del cine o la televisión, más interesadas las primeras en la historia, la estética, la semántica y la recepción y las otras en la captación, registro, manipulación y presentación de imágenes. En el problema de la persistencia retiniana late, también, la confusión entre la utilización de fuentes históricas y verificación de conocimientos científicos. La explicación de la persistencia se perpetua así, como si fuese un dato histórico, como la fecha de inauguración de un Nickel Odeon. La sociología de la ciencia abunda en mostrar estos ejemplos de confusión de orden, pésimo defecto de la necesaria especialización (Hull, 1959).

El segundo factor, es el daño que en la reflexión sobre la percepción, ha hecho la comparación —aparentemente razonable— del ojo con la cámara fotográfica. Creer que la visión se origina en imágenes oculares tipo cámara oscura, ayuda mucho a entender un proceso que, en realidad, es mucho más complicado y, además, es totalmente diferente, y esconde la llave de nuestra percepción espacio-temporal del mundo.

El tercero de los factores que han perpetuado la teoría de la persistencia retiniana es el uso que se hace de los manuales de historia del cine o la televisión para elaborar los comienzos y los capítulos introductorios de los textos técnicos o de narrativa audiovisual. Se confunden, como veremos, hechos históricos, dudosos o no, o bien documentados, con fundamentos científicos. La reproducción acrítica de fuentes, empeoradas en este caso particular por las nuevas estructuras de conocimiento de doble filo, tipo blog, wiki u *open source* según marketing y apoyadas en internet, lo hacen peor. Junto a esto, en Ciencias de la Comunicación, no se ha prestado toda la atención necesaria a los desvelos de otras disciplinas por estudiar la percepción de las imágenes fijas en movimiento, aunque fuera de interés colateral para esos otros estudios. Disciplinas como la Psicología de la Percepción o la Neurofisiología y más aceleradamente, hoy urgentemente, las Neurociencias deberán ser incorporadas transdisciplinariamente a las Ciencias de la Comunicación y sus elaboraciones teóricas.

El cuarto es que la solución real sabemos dónde está, pero su complejidad no permite una fácil explicación. Con las nuevas técnicas impulsadas por las Neurociencias, en particular la Resonancia Magnética funcional (fMRI), la Electroencefalografía (EEG), estudios de la psicología de la percepción y el movimiento aparente y los desvelos de la naciente neurocinemática, se vislumbran nuevas explicaciones muy bien fundamentadas sobre cómo y dónde percibimos las imágenes cinematográficas y televisivas. Es importante señalar que la persistencia retiniana ya se había desechado como explicación del movimiento aparente hace un siglo en disciplinas como la Psicología de la Percepción (Münsterberg, 1916; Wertheimer, 1912).

Pero, increíblemente, tanto en la historia del cine, como en los manuales de técnica televisiva y cinematográfica y todo el *elan* de las ciencias de la comunicación, este mito sigue apareciendo al comienzo de todas reflexiones (véase Martín-Pascual, Miguel Ángel, 2008, pp. 125-164). Es común encontrar basamentos tan trasnochados como la persistencia que equivale a imprimir nuestro inconsciente persistentemente, o la persistencia que define en su origen lo que diferencia el cine de la realidad. O conocidos argumentos del pobre ojo engañado para entrar en un mundo maravilloso. Las fuentes se superponen en diversas capas, ya sea el diccionario de la RAE (Real Academia Española, 2014) en su entrada *persistencia*, la Enciclopedia Británica (Murphy, 2014) o prestigiosos manuales técnicos como el American Cinematographer Video Manual (Fedele, 2001). Incluso en manuales juveniles en el Museo del Cine de Girona, encontramos el concepto enquistado en los orígenes:

“Milers de nens han jugat amb el fenaquistoscopi... sense saber que la seva “persistencia retinal” era la causa!” (Foiret & Brochard, 1995, pp. 3).

En Ciencias de la Comunicación, trabajos importantes que incluían el concepto de la persistencia retiniana han tenido mucha repercusión por su citación acrítica y reproducción en incontables fuentes de manera literal. Una de las fuentes, en este caso solventes, pero que más han influido en exégetas posteriores en nuestra lengua a ambos lados del Atlántico, ha sido la *Historia del Cine* de Román Gubern (1986):

*“Ya tenemos así los dos presupuestos físicos que constituyen la plataforma del cine: la fotografía, que viene a ser algo así como su materia prima, y el principio de la **persistencia retiniana** (cursiva en el*

original), *que permite crear la ilusión de movimiento. De su combinación habría de nacer el cine*” (Gubern, 1986, pp. 20).

Es una pena que los sucesivos trabajos de este sabio no hayan tenido la misma repercusión que este anterior. Sin duda es debido a la pereza intelectual de revisores y al ámbito más especializado de sus libros, que aún así, deberían haber tenido más difusión. Efectivamente, en trabajos como el siguiente, Gubern actualiza transdisciplinariamente lo conocido cuando su publicación sobre la visión del movimiento aparente. Es una de las únicas fuentes que recoge buena parte de la bibliografía rigurosa y es vital su explicación (Gubern, 1992):

“Es interesante considerar que el cinematógrafo se inventó mucho antes de que empezaran a comprenderse los fenómenos psicofisiológicos englobados en la muy imprecisa y muy inexacta expresión “persistencia retiniana”. (...) Hoy sabemos que esta teoría es incorrecta, aunque su popularidad como explicación de la ilusión óptica del cine, no haya decrecido, por lo que podemos concluir que el cinematógrafo constituyó uno de los no infrecuentes inventos en los que el éxito empírico de una praxis técnica precedió al conocimiento científico exacto de su teorización” (Gubern, 1992, pp. 256).

También Josep Maria Català intuye en las raíces transdisciplinares de nuestra disciplina la razón última de los problemas de la teoría con la historia, creer exageradamente que el cine tiene restos fundacionales en todas las manifestaciones humanas desde las cuevas de Altamira. O como dice, más claramente:

“La verdad es que la trascendencia de la aparición del fenómeno cinematográfico sigue envuelta, más de un siglo después, en brumas que no son más que el producto perverso de la especialización de gran parte de los historiadores” (Català, 2001, pp. 83).

En todo caso, al ojo no se le engaña fácilmente, veremos cómo nuestro cerebro arregla las torpezas de los fotogramas para dar sentido a los estímulos cuando miramos una pantalla.

En los próximos apartados citaremos a algunos estudiosos que siempre defendieron que la persistencia retiniana era un sinsentido y espero, sin caer en una clasificación entre apocalípticos e integrados, ayudar a cómo integrar sus conocimientos para vertebrar una solución a este problema que mezcla historias, dejadez, grandes científicos, teorías y academia.

Después, nos enfrentaremos al Fenómeno ϕ , Phi, un gran avance de hace un siglo, en 1912, para arrancar el éxito de la teoría de la Gestalt y bucear en los secretos de nuestra mente perceptiva o, como desarrollaremos, rememorante. El problema con ϕ es que se tradujo mal al inglés el trabajo de su descubridor, Wertheimer (1912). A partir del libro de Boring, *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology* (Boring, 1942), se produjo una confusión de letras y conceptos que han oscurecido el fenómeno, como también veremos posteriormente.

Y donde dice ϕ (Phi), Max Wertheimer y muchos psicólogos germanos y europeos, siempre aludían, y aluden, al Fenómeno β (Beta). El fenómeno ϕ o espero que, en breve, lo llamemos β , lleva el camino de convertirse en otro mito, eso sí, más ilustrado, para explicar obsoletamente nuestro problema. El esquema de repetición del concepto es el mismo que encontramos en la Persistencia Retiniana, si cabe, más crípticamente expresado. Úsese la letra ϕ o β , o alúdase al termino estroboscópico, o lo que percibimos, conviene no confundir epifenómenos, o manifestaciones, con causas eficientes (Andreski, 1972).

Aún así, revelar el mecanismo de la percepción de la visión del mundo y, en concreto la visión de las imágenes artificiales en movimiento aparente del cine y la televisión, es un desafío formidable. Muchos esfuerzos de la comunidad científica y las ciencias cognitivas están a punto de cambiar uno de los más viejos problemas, la dualidad mente-cuerpo y el conocimiento de cómo aprehendemos el mundo. Nada será igual, y las Ciencias de la Comunicación tienen mucho que decir y estudiar.

3.4.1.1. Precedentes

En la errónea explicación de la Persistencia Retiniana para explicar el movimiento que percibimos en las imágenes cinematográficas o televisivas, nos encontramos con dos vertientes donde se manifiesta su pervivencia. Una es la fisiológica, el concepto en sí, su naturaleza y comprensión actual con respecto a la visión del movimiento y otra, es la histórica o bibliográfica en este caso, donde epigenéticamente podemos rastrear la reproducción sostenida de la idea en diversas fuentes desde dos orígenes, el de la constatación del fenómeno, ya conocido desde muy antiguo, y el de la reproducción del concepto asociado a la explicación del fenómeno cinematográfico y televisivo. Nos encontramos de nuevo con algunas formas de argumentación que resultan a la postre demasiado débiles para constituirse en explicación de causas. En muchas introducciones históricas al fenómeno cinematográfico, vemos de nuevo las confusiones de orden que conviene actualizar. Siguiendo a Feyerabend, cual navaja de Ockham:

“The standards are supposed to have maximal causal efficacy as well. This makes it very difficult indeed to distinguish between the logical force and the material effect of an argument” (Feyerabend, 1975, pp. 16).

Efectivamente, además, una cosa será la persistencia retiniana y otra cosa la persistencia retiniana como explicación del movimiento aparente en cine y televisión.

Tradicionalmente se atribuye a Ptolomeo el descubrimiento del fenómeno. No deja de ser divertido que el cambio de paradigma copernicano, posiblemente uno de los más estudiados desde Kuhn (1962), superara la visión ptolemaica del mundo, la gran aportación de Ptolomeo en Ciencias naturales, que fue desechada en el siglo XVI. Sin embargo, debería ser sospechoso que en otras disciplinas la idea de persistencia no nos crease un cierto desasosiego por su pervivencia ptolemaica. Ptolomeo colocaba la Tierra en el centro del universo dos siglos antes de nuestra era al tiempo que nos hacía persistentes. De todas maneras, importa recordar que la persistencia retiniana se encuadra con limpieza en todo el corpus aristotélico del conocimiento previo y su teoría de las sensaciones y los sueños. El estagirita ya reflexionó sobre la persistencia de luces y colores formulando en sus supuestos escritos, con su claridad

habitual, la primera exposición conocida del efecto de la cascada, *the waterfall effect* (Aristóteles, 340aC/1987). Siguiendo aquí la traducción de La Croce y Bernabé Pajares:

“Ello es evidente cuando sentimos algo de forma continua. Pues, al cambiar de sensación, la afeción va por detrás, como ocurre al pasar de la luz del sol a la oscuridad. Pues lo sucede que no se ve nada porque aún persiste el movimiento producido por la luz en la vista. Y si fijamos la vista mucho tiempo en un solo color, blanco o amarillo, el mismo color aparece sobre cualquier otra cosa a la que dirijamos luego la mirada. Y si, después de haber mirado al sol o a cualquier otro objeto brillante, cerramos los ojos, a quienes observan con atención les aparece, coincidiendo con la línea recta en la que se dirigía la vista, primero el mismo color, que luego pasa a rojo y luego a púrpura, hasta que llega al color negro y desaparece. Igualmente, a quienes miran a otra parte después de haber mirado cosas en movimiento, por ejemplo, los ríos, y especialmente los que fluyen con mayor rapidez, les parece que lo que está quieto se mueve” (Aristóteles 340aC/1987, Parte II)

Esto da al estagirita carta de descubridor del fenómeno de la persistencia retiniana, con su habitual sentido común. Evidentemente, tanto la fecha, como la autoría de Aristóteles del escrito donde aparece la cita, están bajo controversia. El fragmento se atribuye, razonablemente, al Aristóteles tardío (La Croce & Bernabé Pajares, 1987).

No sólo eso, como se lee en la última parte, Aristóteles recogería por primera vez la estudiadísima ilusión óptica de la cascada, *waterfall effect*, hoy conocido como *motion aftereffect* (MAE) en la literatura anglosajona, no siempre atribuida a Aristóteles (Culham, He, Dukelow, & Verstraten, 2001). Se suele atribuir la primera referencia al MAE, especificando la dirección contraria del movimiento percibido, a Juan Evangelista Purjinke (1820), mientras contemplaba un desfile de caballería. También se atribuye a Robert Addams (1834), más propiamente mirando las cascadas Foyers en Escocia. Más interesante y primigenia, es la precisión de Aristóteles sobre la percepción de postimágenes (*afterimages*, en la literatura anglosajona), que tendremos ocasión de tratar. Este fenómeno, que todos hemos experimentado cuando flota una mancha de color tras mirar a una fuente de luz muy potente, se ha relacionado y se relaciona, errónea y repetidamente, con la persistencia retiniana o de la visión para ver imágenes cinematográficas en movimiento.

Sin embargo, las postimágenes, alejadas de explicaciones sobre el movimiento aparente, tienen un gran interés hoy en el diagnóstico de enfermedades como el Alzheimer. Veremos que muchas manifestaciones visuales, tienen interés como huella de alteraciones o

procesos mentales. En este caso, estadísticamente, el tiempo de desaparición de una postimagen, una saturación de nuestros receptores visuales, es inferior en pacientes aquejados de Alzheimer que en personas sanas. Incluso, la velocidad de desaparición, se corresponde con la severidad en el avance de la enfermedad. Es una manera efectiva y útil de diagnóstico (Junceda-Moreno, Junceda-Moreno, Suárez-Suárez, Vidal-Sánchez, & Junceda-Avello, 2001).

El error en la atribución a la persistencia retiniana del movimiento aparente es tan grande y extenso en el tiempo, que ahora voy a centrarme en los momentos próximos a nuestros intereses y nuestros desvelos, el cine y la televisión, para ver la situación actual. Es ahí donde se puede aportar la corrección necesaria. Para este trabajo, bucear en la persistencia retiniana como concepto separado del cine y la televisión sería como la comparación ya comentada de retrotraerse a Altamira para saludar a Lumière. No pretendemos una exégesis de todas las persistencias, sino que vamos a ver cómo una errónea explicación se enquistaba en las Ciencias de la Comunicación y la Historia Cinematográfica.

3.4.1.2. Münsterberg ilumina

“How could we have not known him all these years? In 1916 this man understood cinema about as well as anyone ever will”

Jean Mitry a Dudley Andrew, 1976

Antes de ir adelante y atrás, en caminos propios del estudio histórico cinematográfico, es especialmente doloroso ver cómo en 1915, el varias veces redescubierto psicólogo Hugo Münsterberg, dijo lo que había que decir para desterrar a la persistencia retiniana en la explicación del movimiento cinematográfico. Parece que Hugo Münsterberg es varias veces desempolvado y utilizado. Aún existe la creencia, fundamentada, sobre su posible influencia futura en el pensamiento cinematográfico. Y su obra sobre el cine se obtiene gratuitamente en distintas fuentes, incluido el proyecto Gutenberg (Münsterberg, 1916). De todas maneras, es recomendable disfrutar de la reproducción fotográfica del original por cortesía de The Virtual Laboratory en el Max-Planck-Institute for the History of Science de Berlín: (En: <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit38804> . Consulta: 28 de junio de 2015).

Es también conocida y citada la anécdota entre dos grandes teóricos del cine, colocada al principio de este apartado, cuando el norteamericano Dudley Andrew, conversaba sobre Münsterberg con el francés Jean Mitry, y este exclamó:

“¿Cómo pudimos no haberlo conocido durante todos estos años? En 1916 este hombre comprendió al cine tanto como se puede llegar a comprenderlo” (Dudley Andrew, 1976/1978, pp. 36).

Otra cosa es la opinión personal o profesional que tenía Münsterberg del cine como fenómeno social, no ya estéticamente o psicológicamente, como en sus obras. Es conocido que Münsterberg declaraba haber visto cine sólo desde los diez meses previos al momento de escribir su libro. Eso en un investigador prolífico y ocupado como Münsterberg, en aquella época, y los ambientes que frecuentaba, no es tan sorprendente. Decir como Dudley Andrew, y muchos que lo glosan, que le daba vergüenza que le vieran en el cine, es más dudoso en un investigador de su talla, acostumbrado a estudiar casos de psicología social e industrial. En cuanto a su carácter, a pesar de la apariencia adusta en las fotografías, era afable, amante de la música —tocaba el *cello*— y escribía poesía. Por otro lado, estudió árabe cuando creyó

inclinarse por la arqueología en su juventud, le gustaban los deportes al aire libre y salir a bailar con sus amigas. Estaba en contra de la prohibición de la venta de alcohol y, desgraciadamente, se señaló por su machismo académico (Domingue & Rardon, 2002; Kneessi, 2006). No le veo avergonzado en la cola de un cine, la verdad. Tenía sentido del humor y un genio vivo, que en Estados Unidos, con la Primera Guerra Mundial y sus simpatías por Alemania, le creó graves disgustos y perjuicios. Ahí está la razón del injusto olvido de su obra desde su publicación hasta los años 70 del siglo XX.

Lo que creo que pasó, simplemente, es que Münsterberg en 1915 cambió la opinión que le merecía el cine, que hasta entonces no le había interesado. En todo el resto de su vasta obra anterior, las referencias al cine son muy marginales (Nyyssonen, 1998): un par de artículos, uno relacionado con su libro magno, *Psychology, General and Applied*, (Münsterberg, 1914), que tituló *Why We Go to the Movies?* y otro desde la psicología social, en lo que veremos era su línea anterior, sobre los peligros del cine para los niños, *Peril to the Childhood in the Movies*, y nunca empleó el término photoplay, sino el habitual en la época de *motion pictures*.

En su libro *Psychology, General and Applied*, justo antes de sus estudios cinematográficos, su opinión e interés por el cine no era precisamente positiva:

“Thus we may begin to apply psychology to esthetic problems in the midst of the most trivial interests. (...) But even this apparently insignificant part of psychotechnical interests can often be linked with problems of deep import. The question of the psychological conditions for enjoyment may be recognized as one of great social consequence, if we inquire by what attractions the workingman can be drawn away from the saloon. By what wholesome appeals to the desire for amusement can the masses be diverted from the unhealthy influence of the motion pictures which too often make crime and vice seductive and create a hysteric attitude by their thrills and horrors?” (Münsterberg, 1914, pp. 454)

Un año más tarde y cercana su inesperada muerte, con apenas 53 años al comenzar a impartir una clase, esa opinión sobre el cine y sus efectos habían cambiado radicalmente y, en especial, su pensamiento sobre la capacidad de comunicación del cine. El *Photoplay* le había interesado a este sabio al día de todas las investigaciones del momento sobre la percepción del movimiento y la naciente Gestalt. Se aficionó al cine. Noël Carroll cuenta cómo Münsterberg quedó cautivado por Annette Kellerman en *Nerptune's Daughter* y las posibilidades del cine. No parece que tuviera vergüenza, no. Se pasó todo el verano en Nickel Odeons y visitó

entusiasmado los estudios de la Vitagraph, donde Adolph Zukor, por su prestigio académico, le nombró colaborador de la revista *Paramount Pictograph* (Carroll, 1998). Y Münsterberg se lo tomó muy en serio. Menos de un año después tenía escrito *The Photoplay*. Veamos, pues, qué pensaba el último Münsterberg sobre el movimiento en el cine.

Él, que no era historiador sino psicólogo, comienza con una divulgativa historia del invento. Después, antes de entrar en lo que él domina, el análisis psicológico, crea los dos puentes de análisis y discusión para muchas generaciones de estudiosos. Recuerda que no sólo hablamos de un avance técnico, sino de uno interno, estético. El mensaje de las películas va al intelecto. Y, en contradicción aparente con la clasificación tradicional formalista y realista, manifiesta que las películas van indisolublemente unidas a una reconstrucción de la realidad con una intensidad muy diferente a la de las fotografías estáticas:

“The photoplay is accompanied by a kinematographic rendering of reality in all its aspects”
(Münsterberg, 1916, pp. 22).

Le preocupa diferenciar la puesta en escena y los escenarios cinematográficos de los teatrales, pero rápidamente se decanta hacia los aspectos psicológicos, de recepción y cognitivos como diríamos hoy:

“What psychological factors are involved when we watch the happenings on the screen? But secondly, we must ask what characterizes the independence of an art, what constitutes the conditions under which the works of a special art stand. The first inquiry is psychological, the second esthetic; the two belong intimately together” (Münsterberg, 1916, pp. 39).

Münsterberg considera que, a partir de aquí, comienza su libro, la Psicología del Photoplay (él no era historiador). Al principio sólo había hecho un boceto histórico divulgativo para sus nuevos amigos de la Paramount. Cree que el problema de la percepción del movimiento en las películas es la tarea fundamental a la que el psicólogo debe enfrentarse (Münsterberg, 1916), junto a cómo las películas crean influencia mental en el espectador. A nuestros ojos llegan imágenes fijas, una tras otra, pero ningún movimiento entre ellas puede alcanzar nuestro ojo. Aquí Münsterberg aclara una de las confusiones más importantes en la percepción del movimiento aparente. En 1915, ya explica los conocidos fenómenos de la jaula y el pájaro o las trazas continuas de una linterna en la oscuridad como una —explicaba

entonces— superposición de imágenes, *afterimages* o persistencias si queremos. Estos efectos, estroboscópicos decía, son una real continuación de las impresiones percibidas al igual que las post-imágenes negativas, o con movimiento invertido como el efecto de la cascada. También explican sencillos juguetes visuales. Pero, sigue Münsterberg ¿qué pasa cuando la percepción del movimiento se produce en largas series con posiciones diferentes? La persistencia NO es la explicación:

“This seems very simple. Yet it was slowly discovered that the explanation is far too simple and that it does not in the least do justice to the true experiences. With the advance of modern laboratory psychology the experimental investigations frequently turned to the analysis of our perception of movement. In the last thirty years many researches, notably those of Stricker, Exner, Hall, James, Fischer, Stern, Marbe, Lincke, Wertheimer, and Korte have thrown new light on the problem by carefully devised experiments. One result of them came quickly into the foreground of the newer view: the perception of movement is an independent experience which cannot be reduced to a simple seeing of a series of different positions. A characteristic content of consciousness must be added to such a series of visual impressions. The mere idea of succeeding phases of movement is not at all the original movement idea. This is suggested first by the various illusions of movement...” (Münsterberg, 1916, pp. 57-64).

En apenas una decena de páginas, acaba con cualquier duda que apoye la persistencia retiniana como explicación del movimiento aparente. Esto tiene poco que ver con sus ideas kantianas y su odio a Freud. ¡Qué pena haber visto sólo lo estético, discutible, y no en lo que Münsterberg era una autoridad, la psicología aplicada!

Hugo Münsterberg lo explica claramente, y con un razonamiento moderno y fundamentado, apoyándose en investigaciones desde 30 años atrás, que nos retroceden al siglo XIX. El ojo y la retina, no tienen nada que ver. *“The experience of movement is here evidently produced by the spectator’s mind and not excited from without”* (Münsterberg, 1916, pp. 63-64).

Poco queda por decir. Pero Münsterberg remacha una y otra vez, en un campo que le parece vital en las investigaciones sobre de nuestra disciplina, que él intuye de importancia fundamental, como hoy es:

“...the motion which he sees appears to be a true motion, and yet is created by his own mind. The statement that our impression of movement does not result simply from the seeing of successive stages but

includes a higher mental act into which the successive visual impressions enter merely as factors is in itself not really an explanation. We have not settled by it the nature of that higher central process. But it is enough for us to see that the impression of the continuity of the motion results from a complex mental process by which the various pictures are held together in the unity of a higher act. (...) The afterimages of the successive pictures are not sufficient to produce a substitute for the continuous outer stimulation; the essential condition is rather the inner mental activity which unites the separate phases in the idea of connected action” (Münsterberg, 1916, pp. 69-70).

Münsterberg recoge las investigaciones sobre el movimiento aparente, pero correctamente, cree que son manifestaciones de un proceso mental mucho más complicado. No menta los fenómenos Beta y Phi por su nombre, pero los clasifica como manifestaciones, no explicaciones como después hemos visto que se ha hecho. Cabe recordar, en contra de numerosos historiadores, que ha habido un intento de colocar el efecto Phi en un corpus teórico cinematográfico, atribuyendo a Münsterberg la explicación de dicho fenómeno. Esto no es así. La Gestalt le pilló un poco tarde. Fue la gran cultura y el contacto personal con Wertheimer y los investigadores de la naciente Gestalt, que le permitieron conocer esos trabajos. Simplemente Münsterberg, un año antes de su muerte, estaba al día de lo que se hacía en 1915. Tampoco nos debe alegrar mucho que los psicólogos no recojan casi nunca esta obra última de Münsterberg, minusvalorándola, y sea siempre recensionado por sus desvelos en la psicología industrial. Sus posiciones de conflicto frente a la Guerra Mundial, le perjudicaron en la memoria de los vencedores los años siguientes. Y eso, quizá, en un hombre perseguido, ignorado y sin amigos, antes admirado políticamente y con una rica vida social, es lo que motivó en parte su obra sobre el cine. La pena es no haber sido consecuentes con su obra en la historia cinematográfica y haber arrinconado en aquel momento la obsoleta persistencia retiniana como explicación del movimiento aparente en cine y televisión de muchos años atrás. La prodigiosa y estimable eclosión de la Historia cinematográfica y su evolución crítica y rápida, a partir de unos pocos clásicos, redujo la persistencia retiniana a dato histórico que había que fechar para comenzar a contar la historia fascinante del cine. La clave la ofrece claramente Jean Mitry cuando recuerda que el invento del cine llevó la técnica por delante de la ciencia, el fenómeno por delante del análisis (Mitry, 1967). E historiadores como él, a posteriori, intentaron justificar científicamente la imagen en movimiento con la lógica científica de textos viejos anteriores a la idea del cine, sin mirar a las disciplinas de al lado.

Algo parecido, aunque todavía más escandaloso, pasa con la adaptación del mito a la televisión. Fueron los ingenieros, y el fenómeno televisivo en su evolución técnica, quienes dejaron allí la persistencia una vez superado el umbral de presentación de imágenes sin molestia para el espectador. ¿Para qué volver entonces —en el siglo XX— a la fisiología de la visión, si la electrónica no parecía necesitarlo, cual metafísica no práctica? Hoy no es así, sobre todo debido a las investigaciones en visión artificial que han devuelto la mirada y el puente al fenómeno de la visión humana. Aunque en el resto de disciplinas televisivas persiste la persistencia.

3.4.1.3. The magnificent Andersons

En la historia de deconstrucción literal del mito de la persistencia retiniana en Ciencias de la Comunicación, ocupan un lugar de honor el matrimonio de estudiosos cognitivos del cine Joseph y Barbara Anderson. Y a ellos seguiremos, en su vertiente histórica. Primero con su denuncia en su artículo *The Myth of Persistence of Vision* (Anderson & Fisher, 1978) y, después, constatando que todo seguía igual, en 1993, con *The Myth of Persistence of Vision Revisited* (Anderson & Anderson, 1993). Ambos artículos, en especial el último, actualizan la información disponible en su momento sobre la percepción de la imagen en movimiento y las implicaciones teóricas e históricas que supone el abandono de la teoría de la persistencia retiniana o su excrecencia, la persistencia de la visión en general, para estudiar el movimiento aparente, esto es, el movimiento fluido que experimentamos entre imágenes estáticas sucesivas de una película, en el cine.

Los Anderson siguen a Claude Lévi-Strauss en la definición de mito como una manera de resolver un conflicto inherente a los fundamentos de una cultura (Lévi-Strauss, 1955/1988). La unidad y facilidad explicativa del mito, oscurece las contradicciones y se puede continuar la vida de todos los días y sus exigencias. Las contradicciones que debían ser oscurecidas según los Anderson, eran las que provocaban una dicotomía entre la vertiente psicológica y la estética en la percepción de las imágenes fijas en movimiento. Ya hemos visto que esto fue una temprana preocupación de Hugo Münsterberg (1916). El mito de la persistencia retiniana, o más sofisticadamente de la persistencia de la visión en general, por un lado resuelve en nuestra conciencia cómo es posible ver movimiento en las imágenes fijas y por otro lado, fundamenta en sus orígenes la naturaleza propia del cine. La trampa es perfecta. Si la Persistencia Retiniana como creencia anticuada recibe el tratamiento de mito habrá que aceptar, a la vista de los hechos, que los mitos se pueden producir por medio de los mismos métodos y ser respaldados por los mismos tipos de razones que conducen al conocimiento científico. No es Feyerabend con su anarquismo metodológico quien dice esto, sino el propio Kuhn (1962), cuando recuerda la dificultad de aislar inventos y descubrimientos que crean dudas profundas sobre el proceso de acumulación por el que muchas veces se atribuye erróneamente el progreso de la ciencia. Estas ideas llevaron a cambios profundos en la historiografía de la Ciencia. Kuhn opina, además, que si un mito ha sido considerado como ciencia entonces esta habrá incluido conjuntos de creencias absolutamente incompatibles con

las que tenemos en la actualidad. Las teorías anticuadas no dejan de ser científicas por el hecho de que hayan sido descartadas. Sin embargo, eso hace difícil que se pueda considerar el desarrollo científico como un proceso de acumulación.

En este sentido, el mito de la persistencia retiniana, que postula la impresión verídica de imágenes en nuestra retina, fundamenta preocupante y desfasadamente todas las teorías que defienden que percibimos grabaciones o impresiones directamente de la realidad. Teorías realistas o formalistas de la estética del film han usado la persistencia de la visión de esta manera. Cuando André Bazin dice, en los años cincuenta, que entre el objeto inicial y su representación no se interpone más que otro objeto, el objetivo de la cámara, o que la existencia del objeto fotografiado participa de la existencia del modelo como una huella digital (Bazin, 1966), parece que nuestra captación de la realidad capta la realidad misma. Bazin también cree que el cine es una idea totalmente terminada en el mundo de nuestras ideas. A pesar de la torpe técnica, dice, para él no tiene explicación que el cine haya tardado tanto tiempo en eclosionar si la persistencia retiniana era un fenómeno conocido desde antiguo (Bazin, 1966). Para los Anderson, el mito de la persistencia retiniana evitó, frente a los análisis estéticos, las cuestiones fisiológicas y psicológicas con el espectador que interacciona con las imágenes de una película (Anderson & Fisher, 1978). Según ellos, muy conectados al cognostivismo bordwelliano, cuando las teorías estéticas se quedaron cortas, los estudiosos y estudiantes se quedaron sin herramientas para trabajos empíricos en psicología o estudios de recepción. Incluso cuando se trataba de matizar el contexto social del fenómeno cinematográfico. Pero entonces, cuando necesitaban teorías de la mente, se volvieron hacia el psicoanálisis, como citan, *“they evidence more interest in therapy than in theory”* (Anderson & Fisher, 1978, pp. 4).

Quince años después, en su siguiente artículo, volvieron a la carga. El modelo asumido por la persistencia retiniana hasta los años 80 del siglo pasado, el psicoanalista-marxista, que caracterizan ellos de manera un poco reduccionista, retenía el modelo del espectador pasivo, posicionado dentro del texto cinematográfico y victimizado por el exceso de ideología automática (Anderson & Anderson, 1993). Señalan como un hecho, que la mayoría de los estudiosos del siglo XX, y aún pasa hoy como veremos, se contentaron con una explicación del siglo XIX sobre el movimiento aparente. Los motivos, de nuevo, son parecidos, pero más matizados, y extrapolados correctamente al resto de estudios humanistas:

“But then, we could just ask why they have contented themselves with a nineteenth century explanation of mind (Freud’s psychoanalytic model) or a nineteenth century explanation of society (marxism)” (Anderson & Anderson, 1993, pp. 5).

La respuesta no es sencilla. Los Anderson absuelven a los intelectuales europeos de influir sobre sus colegas americanos, pero concluyen que la fuerza del mito de la persistencia retiniana, en ambos lados del Atlántico, fue sobre todo apoyada por el modelo de mente que implicaba el trasnochado psicoanálisis. La persistencia de la visión se asimilaba a una libreta de apuntes donde la retina retenía los estímulos inconscientemente, como el inconsciente freudiano. Los estudiosos fueron víctimas de la ignorancia del modelo, y no vieron la necesidad de echar un vistazo a los estudios de fisiología y psicología del siglo XX. Creo que siendo verdad los daños psicoanalíticos en general, y grasos sus resultados, sobre todo terapéuticos, es un poco exagerado. Una respuesta más simple nos la brinda Jacques Aumont, extrañado de que autores importantes como Bazin o Jean-Louis Comolli, sigan perpetuando, por inercia intelectual, la teoría totalmente errónea, además de intrínsecamente absurda, de la persistencia retiniana (Aumont, 1992). Fue dejadez académica. No ayudaron visiones anteriores, como la de Talbot, que introduce la idea académica de los defectos del ojo y la visión, gracias a los que disfrutamos del cine y cuya descripción de la visión humana como un laboratorio *Fotoprix* grabó, impresionó, la idea de la retina como celuloide. Convertir el ojo en una cámara fotográfica deficiente puede haber llevado a la mixtificación actual de la tecnología audiovisual, donde persistentemente se confunde complicado con avanzado. No olvidemos la idea extremada rupturista del cine-ojo, del realizador y montador soviético Dziga Vertov, un realismo absoluto, que en sus manifiestos comienza con el ojo defectuoso inferior frente a la cámara. El proceso de mistificación grave retiniano, siguiendo a los Anderson, comienza con la aparición de jugosas anécdotas para embellecer el fundamento del mito, con Arthur Knight, pero sobre todo, Terry Ramsaye, en sus iniciales historias aventureras del cine. Veamos un ejemplo con Ramsaye.

Los Anderson recuerdan cómo este gran narrador ha sido uno de los constructores del mito que nos ocupa. Narrando de manera colorista una anécdota inventada, presenta al investigador anglo suizo Peter Mark Roget en 1824, reflexionando sobre la percepción. De pronto, levanta la vista hacia la ventana, atraído por el estruendo del carromato del panadero. Entrevé a través de unas cortinas venecianas el paso del carruaje y vuelve a sus disquisiciones.

Pero, entonces, entre rueda y cortina, vuelve su mirada al efecto fascinante de las ruedas congeladas en distintas fases del movimiento del carruaje. Pero dejemos a Ramsaye:

“...from his study window in London, to see who might be approaching on the crunching graveled roadway and caught a puzzling glimpse of a passing baker’s cart through the slits of a Venetian blind. Each separate fleeting image of the cart, seen as his vision swept the blind, seemingly caught the cart and horse arrested in successive phases of motion. Roget went to work on the puzzle and some months after appeared before The Royal Society of Great Britain with a paper on Persistence of Vision. This was the first inquiry into the phenomena upon which the motion picture of to-day is based” (Ramsaye, 1926, pp. 2).

Un trabajo de Roget sobre la persistencia de la visión, o como dice en *One million and One Nights*, más aquilatadamente Ramsaye, un trabajo llamado *Persistence of vision with Regard to Moving objects*. No se encuentra ningún trabajo con este título. Roget presentó un trabajo en 1824, pero fue un estudio sobre el efecto óptico de curvatura que se produce en los radios de la rueda de un carruaje cuando se da una determinada velocidad de giro, espacio entre radios y condiciones luminosas. El trabajo se llama *Explanation of an optical deception in the appearance of the spokes of a wheel seen through vertical apertures* (Roget, 1825, leído en 1824). El título correcto es recogido por Sadoul (1948) y otros historiadores, no así el contenido, asumido alegremente a la persistencia retiniana cinematográfica y difundido en el éter académico y divulgativo de esta manera. El término persistencia retiniana no aparece en el estudio de Roget.

En cuanto a la anécdota del carro del panadero, es divertido cómo el mismo estudio de Roget lo desmiente al comienzo de su trabajo, comentando que el fenómeno de curvatura en las ruedas, fue una aportación anónima:

“note: The appearance in question has been noticed by an anonymous writer in the Quarterly journal of Science (Vol. X. p. 2,82) who gives, however, no explanation of the phenomenon. It would have been impossible, indeed, to reconcile the facts as they are there stated, with any theory that could be imagined for their solution” (Roget, 1825, pp. 132).

No hay nada en el artículo de Roget que presente el concepto de persistencia retiniana como explicación para el movimiento aparente, ni aspire a explicar dicho movimiento aparente ni el fenómeno cinematográfico, aún inexistente. La referencia que aguanta su artículo en el mito es que la posible percepción de la curvatura de los radios de la rueda en

movimiento pueda ser creada por una ilusión semejante a la impresión de rayos de luz en la retina cuando se mueven rápidamente frente a un sujeto. Nada que ver, como vimos con la síntesis del movimiento y un fenómeno conocido desde antiguo, las post-imágenes, ya en fuentes Ptolomeanas o Aristotélicas, y discriminado por Münsterberg y otros posteriormente, como hemos apreciado. En fin, además, no es retiniano, simplemente, porque aunque desplazemos los sensores de la retina o cambiemos la dirección de nuestra mirada, lo seguimos viendo. Roget concluye su intenso trabajo dando la fórmula general de la curva vista en el efecto rodante, aclarando la cuestión suscitada por el anónimo declarante (Roget, 1825).

Estamos viendo, continuando en los orígenes, cómo el concepto de persistencia retiniana se asocia, según escuelas y fuentes, a Peter Mark Roget o a Joseph Plateau, según nacionalidades investigadoras anglófilas o francófilas y fuentes diversas. En cuanto a Joseph Plateau, el otro gran estandarte de la persistencia retiniana, el gran científico belga, se dejó literalmente la vista en sus investigaciones, primero mirando al sol directamente durante media hora consecutiva, y después, en diversos experimentos que contribuyeron no poco a su definitiva ceguera años después, en un proceso gradual. En fin, los gigantes Newton y Goethe eran más prudentes, y sus investigaciones sobre percepción aún tienen mucho valor hoy. Goethe manifestaba frecuentemente, que de toda su obra, de lo que estaba más orgulloso era de su Teoría de los colores (Goethe, 1810/1999). Su idea de ilusión de los colores hoy ha sido probada, entre otras, por la teoría retinex de Edwin Land (1983). Hoy se le redescubre constantemente en las más modernas investigaciones del color.

La tesis doctoral de Plateau, *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue*, de 27 páginas, presentada frecuentemente como argumento del descubrimiento de la persistencia retiniana, recoge las investigaciones del belga sobre los efectos de los colores en la retina, en duración, intensidad y tono, la formulación matemática de intersecciones de curvas en giro y la observación de la distorsión de las imágenes en movimiento y su reconstrucción mediante discos anartoscópicos (Plateau, 1829).

Esto es, la tesis de Plateau, anterior a su codescubrimiento del fenaquistiscopio o disco estroboscópico que ahora trataremos, no trata del movimiento aparente, sino sobre cómo detenerlo, como Marey, y se ocupa principalmente de la reconstrucción de imágenes fijas, no reconstruyendo el movimiento sino al contrario, al mirar a través de su aparato (Hunt, 2003, que por otro lado, sufre de persistencia retiniana). El anartoscopio, invento de Plateau, usaba,

pues, el movimiento para revelar una imagen anamorfizada, que con el giro de la imagen y otro círculo con ranuras, se mostraba estática en su proporción correcta (en la página Web del Museo del Cine de Gante, se puede acceder a bonitas reconstrucciones de imágenes mediante el anartoscopio: <http://www.mhsgent.ugent.be/engl-plat4a.html>). Este aparato fue un juguete relativamente complicado de construir y sin futuro económico (Hunt, 2003). El descubrimiento del fenaquistiscopio entre 1828 y 1833, resultó ser más barato y mucho más interesante en su época y también preludeo directo de las películas. Los Anderson recuerdan que Sadoul sancionó el principio en el que Plateau basó la explicación del funcionamiento del aparato. Recurrimos a un entusiasta Sadoul, citando literalmente a Plateau:

“Le principe sur lequel repose cette illusion est extrêmement simple. Si plusieurs objets différents entre eux graduellement de forme et position se montrent successivement devant l’oeil pendant des intervalles très courts et suffisamment rapprochés, les impressions qu’ils produisent sur la rétine se lieront entre elles sans se confondre, et l’on croira voir un seul objet changeant graduellement de forme et position” (Sadoul, 1948, pp. 25). La fuente original de esto es otra obra de Plateau: *Des illusions d’optique sur lesquelles se fonde le petit fouet appelé récemment phénakistiscope* (Plateau, 1833).

Plateau —y Sadoul— dejan claro que lo fundamental de este artículo ya se lo había contado, anteriormente en correspondencia, privada a su íntimo amigo Quetelet, a quien también había presentado su tesis doctoral. En 1832, aún sin nombre para el invento, lo que se jugaba era su paternidad al ser descubierto simultáneamente por Simon Ritter von Stampfer, entre otros. Stampfer lo llamó estroboscopio. En la página oficial del museo Plateau de Gante se reconoce que Plateau no fue el que bautizó como fenaquistiscopio a su aparato:

“It is remarkable that in the original paper the discs and the experiment itself are described, but they receive no name. It is only in a later paper in 1831 “Des illusions optiques sur lesquelles se fonde le petit appareil appelé récemment Phénakistiscope” that a name is introduced. It is not clear who introduced the name “phénakistiscope”. The title of the paper suggests that it was not Joseph Plateau himself. Ackerman in London sells the discs in 1833 under the name “Fantascope”, Alphonse Giroux in Paris introduces them first as “phénakistiscope”, later as “phénakistiscope”. Plateau himself also uses the term “phénakistiscope” (Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschappen, 2001).

Con esta base, los Anderson recuerdan cómo Sadoul cree que Plateau sienta las bases del cine moderno y se produce una ruptura en el seguimiento de las investigaciones

posteriores en muchos estudiosos cinematográficos. El conocimiento de los artículos de los Anderson sobre la persistencia de la persistencia retiniana a este lado del Atlántico ha sido muy deficiente a pesar de su difusión por internet. En ambientes académicos, apenas son citados. Una excepción: en la revista *TELOS*, Daniel E. Jones presentó un trabajo repasando un panorama de diversas revistas de comunicación. En la versión on-line del artículo, aparece citada la revista donde apareció el artículo de 1993 de los Anderson y se resume su contenido (Jones, 1994).

3.4.1.4. Phi y Beta

“I stand at the window and see a house, trees, sky”

Max Wertheimer, 1923

Laws of Organization in Perceptual Forms

¿Y qué pasa con ϕ , Fi, Phi? Max Wertheimer, uno de los padres de la Gestalt, bautizó así en 1912, a lo que él consideró una modalidad de movimiento aparente del que antes no se había tenido noticia, y que fundamentó la revolución de la Gestalt (Wertheimer, 1912). En demasiados sitios encontramos crípticamente que Phi es la explicación para el cine, la televisión y muchas jerigonzas más crípticas de la iconosfera teórica contemporánea. No es así (Martín-Pascual, 2008). Pero debemos seguir la historia desde tiempos recientes.

En el año 1999, Steinman y los Pizlo, padre e hijo, desde Maryland y Purdue, en Indiana, se lanzaron a investigar qué había detrás de esta manifestación de la revolución gestáltica y de este artículo de Wertheimer (1912), *Experimentelle studien über das sehen von bewegung*, difícil también de leer y encontrar. Los alumnos de estos investigadores, con sentido común, no entendían porqué una explicación del movimiento aparente en 1912 revolucionaba algo. En 1900, ir a ver películas era una actividad conocida, con uno u otro nombre. Acertadamente explicado o no, más bien no, como hemos visto, el fenómeno del movimiento aparente en el protocine y en el cine era conocido ampliamente. En 1912, cuando publicó Wertheimer, recuerdan Steinman y los Pizlo, Edison voceaba, en su estilo, que gastaba más de lo que ganaba para rodar 6000 películas para enseñar a 19 millones de estudiantes de Estados Unidos y que pudiesen tirar los libros de texto (Steinman et al., 2000). El movimiento aparente —próximo como fenómeno al que nos importa en el cine y la televisión— parece ser percibido cuando no hay ningún estímulo que se mueva de verdad, entendiendo movimiento como un cambio de posición real en el tiempo.

¿Tenía sentido entonces lo que defendía Wertheimer? ¿Qué vio realmente en Phi, si es que vio algo? Lo lógico parece ir a la fuente primaria, Wertheimer, pero recordemos que buscamos su fenómeno, que debería ser científicamente reproducible. Lo que pasa es que la monografía de Wertheimer de 104 páginas, no sólo es difícil de conseguir, sino que, además, el alemán especializado en terminología psicológica de hace un siglo, es difícilísimo de entender, pues usa conceptos en palabras unidas, y frases en sentido novedoso, como es propio del

alemán filosófico. Por ejemplo, estacionario-posición-carácter para simbolizar un evento aislado. De hecho, su mala traducción ha provocado buena parte de los desmanes en el uso del concepto de Phi. Hay muy poca documentación no especializada sobre lo que es el fenómeno Phi.

Steinman y los Pizlo comenzaron consultando los clásicos, en concreto, un libro aún fácil de encontrar, *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology* (Boring, 1942). Descubrieron un fallo en la asignación de la frecuencia necesaria para percibir el fenómeno. Veamos. Wertheimer en lugar de mostrar a distintas velocidades de enmascaramiento imágenes de un estroboscopio o un kinetoscopio, disponibles entonces, utilizó un sistema más sofisticado, un taquistoscopio, conocido por ser el dispositivo usado, conjuntamente con un proyector cinematográfico, para los intentos de las míticas demostraciones de la publicidad subliminal. El taquistoscopio, estroboscópicamente, permite mostrar imágenes a frecuencias altísimas. Utilizó figuras geométricas simples y líneas o curvas. Y empleó dos elementos de este tipo. A uno lo denominó a y a otro b. Cuando el intervalo entre mostrar a los sujetos del experimento uno y otro elemento era largo, más de 200 milisegundos, se percibía una sucesión de líneas. Primero vemos una, y luego, otra. Cuando el intervalo era muy corto, menos de 30 ms, las dos líneas, a y b, se veían juntas simultáneamente. Entre estas dos frecuencias, de sucesión y simultaneidad, pasaban muchas cosas. Aproximadamente en el centro inferior del intervalo, 60 ms, obtenemos movimiento óptimo, de un punto a otro. Lo que se llama Beta. Entre la sucesión de rayas o puntos o lo que usemos y este umbral para el movimiento óptimo, obtenemos experiencias parciales de movimiento. Parecerá que a y b se mueven un poco o aparecen y desaparecen parcialmente. Por encima de la percepción de movimiento aparente óptimo, veremos un movimiento dual, a veces se mueve a, a veces se mueve b y parpadean no muy claramente. Pero cerca de la percepción simultánea de a y b, se percibe el llamado movimiento puro, Phi, algo que se mueve conectando ambos objetos, generalmente en dirección contraria a lo percibido en el movimiento óptimo Beta. Más allá en frecuencia, ambos objetos se perciben simultáneamente. El proceso, de menos frecuencia de parpadeo a más, sería:

1. sucesión
2. movimiento parcial
3. movimiento óptimo (Beta)
4. movimientos parciales
5. movimiento puro (Phi)

6. simultaneidad

Para disfrutar de esto sin dolor de cabeza, recomiendo, encarecidamente, visualizar la demostración reveladora y divertida de Filip J. Pizlo, que tuvo la cortesía de desarrollar una pequeña aplicación en JAVA, gratuita para fines académicos, que nos permite entenderlo inmediatamente en la práctica y jugar con estas percepciones, Beta y Phi, mediante nuestro navegador web: <http://www2.psych.purdue.edu/Magniphi/> (Consulta: 12 de junio de 2015).

Pues bien, Boring, traduciendo a Wertheimer, coloca mal la secuencia (Steinman et al., 2000), o lleva al equívoco en su exposición (Boring, 1942), y sitúa Phi cerca de la sucesión, en la zona de bajas frecuencias, donde parece que las cosas se mueven cerca de ver moverse a y b de manera convincente, el movimiento óptimo (Beta). Este error puede ser el que ha llevado en textos modernos a una confusión sobre el descubrimiento revolucionario de Wertheimer. No encontraremos Phi donde dice Boring u otros exégetas que extrapolan de oídas fenómenos al cine sin digerir. ¿Cómo reencontraron Phi Steinman y los Pizlo? Sabían que Wertheimer había topado con algo nuevo, algo que no se había visto en el cine, ni hoy en la televisión, ni en los luminosos de una *city*. Conocían la leyenda, recogida en distintos manuales sobre el cine o psicología relativamente modernos, que contaba cómo Wertheimer había tenido una intuición mirando los railes del tren durante un viaje hacia Berlín, o jugando con un aparato precinematográfico, un estroboscopio, en otro tren. Steinman oyó, de alguien que había conocido a Wertheimer (Steinman et al., 2000), una historia diferente, que intuyó Phi en el regalo de un *flip-book* que llevó al hijo de unos amigos, al pasar las hojas demasiado rápidamente. Ello llevó a estos investigadores a buscar Phi a más altas frecuencias que el movimiento óptimo, Beta. Mediante un monitor osciloscópico de forma de onda (el común para monitorear la imagen de vídeo analógica en las estaciones de televisión) comenzaron a buscar en varias frecuencias. Vieron, cerca de la simultaneidad entre dos puntos separados (utilizaron puntos en lugar de las líneas de Wertheimer), al misterioso Phi:

“Frequency was varied until we saw something that matched our expectations about what ϕ should look like, specifically, a region moving all by itself. No objects, whatsoever, should be seen to be moving when ϕ is seen. When we switched slowly, we saw the expected successive alternation of a single disk (successivity). When switched rapidly, we saw the expected simultaneous pair of disks (simultaneity). All of the other expected phenomena were also seen easily, including optimal movement, β , partial movements and ϕ . But, ϕ clearly was not where Boring claimed it should be. It was at the high end of the switching frequency range, not at the low

end. The ϕ phenomenon is seen when the spots producing it are stationary but flickering" (Steinman et al., 2000, recuerdo una vez más que es fácil experimentar esto con la aplicación de Filip Pizlo, en: <http://www2.psych.purdue.edu/Magniphi/>).

Cuando se genera un estímulo (puntos) brillante sobre un fondo oscuro, Phi aparece como algo negro oscuro que se mueve, aunque hay gente que lo ve ligeramente color morado. Pero la forma es muy ambigua, no parece tener forma y su descripción varía mucho de un observador a otro. Parece el resplandor alrededor de objetos brillantes en un fondo oscuro. Suele haber acuerdo, sin embargo, en que se percibe un movimiento puro, no fácilmente justificable. Cambia de dirección demasiado. Los movimientos del ojo o la disposición retiniana no tiene nada que ver con Phi. Werheimer establecía un paralelismo posible con experiencias de autocinesis en algunas ilusiones, que no trataré en este trabajo, pero que no se han podido reproducir aún.

Wertheimer propuso una explicación de Phi tan novedosa como el fenómeno. Creía que cortocircuitos en zonas de excitación del córtex cerebral se producían por estimulaciones separadas variando en el tiempo y el espacio percibido y provocaban todo el rango de fenómenos del movimiento aparente. Creía, consecuentemente, que el movimiento real y aparente tenían una misma correspondencia y mecanismo cerebral. Desde hace unos años hay mucho interés en conocer las bases del movimiento aparente y su relación con la percepción del movimiento real. Cosa que nos afecta particularmente a investigadores en el campo de las Ciencias de la Comunicación. Un modelo de explicación aboga por similares mecanismos de percepción entre movimiento real y aparente. Otro modelo emergente postula que hay varios (dos o más) mecanismos para procesar el movimiento aparente y el real. Resumiendo, lo que se investiga es si hay diferencias entre pequeños y grandes desplazamientos, entre la presencia de objetos o su ausencia, o si la integración de movimientos complejos tiene un *feedback* de las zonas especializadas de nuestro cerebro como MT/V5 y MTS (Sekuler, Watamaniuk, & Blake, 2002; Zeki, 2004, entre muchos) y sus conexiones con redes de memoria con el córtex prefrontal y las coaliciones neuronales cambiantes de memoria, como parece ser (Crick & Koch, 1992; Fuster, 2003, por ejemplo).

Desde la neuroanatomía, Steinman y los Pizlo (2000) recuerdan cómo los investigadores conjeturan que la información visual es procesada por dos caminos diferentes desde V1, el córtex visual primario. Un camino que procesa prioritariamente el movimiento y

la posición, va hacia el córtex parietal. El otro camino, procesaría la forma y el color hacia la zona temporal (Milner & Goodale, 2006). Un objeto que se mueve o cambia de posición, estimula ambas vías y el resultado es la percepción de un movimiento real o ilusorio al excitar el sistema. Sin embargo, si el cambio de posición es demasiado rápido, caso de Phi, fluctuando cerca de la percepción de simultaneidad, puede que sólo se estimule el camino de la información del movimiento, mucho más rápido, y adelantado al camino de la forma y el color. Esto es un fenómeno bien conocido por los animales, como nosotros, que venimos de un entorno donde había que decidir rápido y percibir si ibas a ser cazado o una presa huía súbitamente. Por eso vemos con finura movimientos por el rabillo del ojo. Nuestra retina tiene muchos más receptores de movimiento en la periferia para sobrevivir a lo peligros (Snowden & Freeman, 2004; una introducción en Snowden, Thompson, & Troscianko, 2006). Y su camino de proceso cerebral es más rápido.

En realidad, esta información de movimiento se puede percibir antes de conocer el color o la forma de lo que se mueve y es, así, una cuestión diseñada para la supervivencia, primar lo que nos puede salvar la vida antes que ensimismarnos en su contemplación. Hace tiempo, colaboré en un documental de divulgación científica sobre este tema. Por aquello de la magia, hablamos del mito de que la mano es más rápida que la vista, cuando en realidad, es la maestría en las técnicas de *misdirection*, lo que construye la ilusión; en dicho documental, se rodó a un mago en su ambiente y, luego, se buscaron localizaciones adicionales para hacer entrevistas, y el equipo del programa sugirió un campo de tiro al plato en la montaña como escenario para entrevistarme. Allí, en un descanso, un veterano campeón de tiro reconocía lo difícil de explicar lo que veía cuando advertía un blanco inesperado: “*Lo he pensado y no sé, algo se mueve, una deformación del aire, algo que no ves, pero para mí no tiene forma ni color hasta después*” (*Quèquicom*. Programa de divulgación científica Emisión miércoles 9 de enero de 2008. Canal 33. Catalunya. 21h 30m. Capítulo: *Veure per creure*. Entrevista a Miguel Ángel Martín. Fuente: <http://www.tv3.cat/pprogrames/quequicom/qqcSeccio.jsp?seccio=programa&idint=890>).

Vemos que la percepción de Phi podría ser puro movimiento, o un movimiento sin forma. Steinman y los Pizlo nos empujan más allá, con otras dos características aparentemente complicadoras:

- Phi coloreada existe (Véase de nuevo la demostración de Pizlo en la página: <http://www2.psych.purdue.edu/Magniphi/>). Phi siempre tiene el color del fondo donde se

manifiesta. Si los puntos son blancos sobre fondo negro, Phi es negro. Si los puntos son negros y el fondo blanco, Phi es blanco. Y parece funcionar para todas las combinaciones de color de fondo.

- La otra característica está en el nivel cognitivo. Si asumimos que tras un estímulo visual, el sistema de la visión debe reconstruirlo para obtener una interpretación única, aparentemente verídica, el sistema debe restringir muchas interpretaciones posibles. Estas restricciones suelen favorecer principios de semejanza o simplicidad de forma para reconstruir la percepción. Pensemos en los contornos ilusorios de Kanizsa por ejemplo (fig. 1).

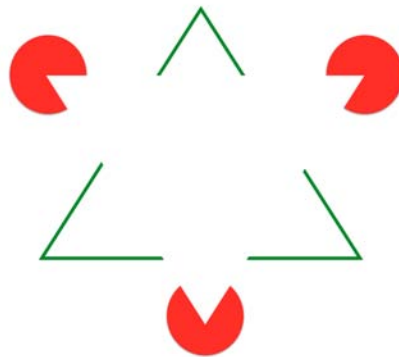


Figura 1. Triángulo de Kanizsa, uno de los ejemplos más conocidos de contornos ilusorios. En la literatura anglosajona se le conoce como *Pacman* por la similitud de los círculos con los protagonistas del videojuego. Fuente: dibujo del autor modificado de Kanizsa, 1980.

Una figura oculta a otra y nosotros extrapolamos con facilidad la figura apenas insinuada (Kanizsa, 1980). Se piensa que regiones muy tempranas de la percepción visual (V1 y V2) permiten la percepción de este fenómeno de los contornos ilusorios.

En ambas características de Phi, si reflexionamos sobre ellas, en el color del fondo y en el de la forma que enmascara el fondo, el mecanismo visual utiliza un sistema de discriminación entre figura y fondo para interpretar lo que vemos. En el caso de Phi, parece que nos enfrentamos a un movimiento ilusorio de enmascaramiento. No hay nada en Phi que especifique una forma. Vemos un par de puntos o luces, y algo que sólo es movimiento enmascarándolos. Es el problema de la oclusión de la figura y el fondo, pero sin figura. Phi toma el color del fondo porque no es un objeto, es un puro movimiento aparente (*pure objectless movement*). Los autores someten a prueba esta afirmación, diseñando otro estímulo semejante, que presenta más claramente el fenómeno Phi. Lo denominan Magni-Phi (Steinman et al., 2000). Y es muy interesante verlo, en la demostración citada, con mucha claridad.

Por último, recordemos que Phi, lo que estos autores demuestran que vio Wertheimer, ha sido redescubierto posteriormente numerosas veces sin tener consciencia de ello. Se le llamó entre otros términos, omega o shadow (Rose & Blake, 1998). Beta era conocido antes de 1912, pero Phi, esa sombra extraña moviéndose entre figuras, era desconocida y muestra un movimiento puro, sin objeto. Puede que Phi sea un caso particular de Beta. Pero lo que sé es que Phi no tiene nada que ver con el Phi que encontramos como explicación al movimiento aparente del cine y la televisión, mundo de formas y figuras ciertamente impuras. Si un fenómeno refleja la experiencia de ver un movimiento entre dos imágenes estáticas, similar al proceso cinematográfico, este sería Beta, movimiento aparente óptimo. Una manifestación de un proceso mental que parece reflejar la extrapolación que hacemos al mirar los dibujos animados, por ejemplo, o pasar las hojas de un flip-book y ver la animación de unas bolas. Es próximo, aunque más simple, a la experiencia cinematográfica y puede decirse, con matizaciones, que pone de manifiesto parte del fenómeno de integración de imágenes artificiales en movimiento. Y Beta, como recordamos, ya era conocido antes de 1912. Lo revolucionario de Phi en 1912, y hoy también, por su mala comprensión, es que es un fenómeno que manifiesta puro movimiento sin desplazamiento real o aparente de objetos. Este movimiento no se ve en los cines, ni la televisión, ni en los luminosos de los comercios o los hoteles de Las Vegas. Es un proceso que deja en evidencia al movimiento como una variable más del proceso sensible y demuestra una integración ulterior, de la que surge un mundo estable. A través del ojo recibimos cambios, no imágenes como en una cámara de fotos. Lo que hacemos dentro de nuestra cabeza es pasmoso. Y Wertheimer sabía que el concepto de Gestalt tenía sentido dentro de nuestra mente para ver este mundo coherentemente en la vida cotidiana. Vio procesar el puro movimiento independiente de unas figuras estáticas reales, poniendo en evidencia la manifestación de un mecanismo detector de nuestra visión. Jacques Aumont es uno de los teóricos del cine que más ha contribuido por su influencia, seguro que sin querer, a difundir la mala traducción, explicación y aplicación de Phi (ϕ), sin explicar realmente qué tiene que ver con la experiencia cinematográfica (Aumont, 1992). Sí es buena, mejor que la de los Anderson creo, y como ya vimos, su explicación de la pervivencia de la persistencia retiniana: la dejadez académica.

El círculo se cerró en la primera década del siglo XX con las investigaciones e intuiciones de la Gestalt, la original teórica, no terapéutica, aún hoy esperando ser más reconocidas en la neurociencia y los estudios de la visión, con coincidencias totalmente

sorprendentes y ciertas en sus reglas (Westheimer, 1999). Debido, claro, a un paciente esfuerzo de investigación y observación durante la primera etapa de esta teoría.

El cerebro procesa analógicamente y en paralelo, y los detectores tempranos del córtex primario visual y la retina, son detectores de cambios, no constructores de imagen, especializados en distintas formas, configuraciones y regularidades, caras, muchos de ellos especializados para responder a parecidas leyes gestálticas. Münsterberg seguía hasta justo antes de su muerte, las investigaciones de Wertheimer y sus colegas. Rudolph Arnheim llegó a América con diez dólares en el bolsillo y fue ayudado por Wertheimer, director de su tesis doctoral. Wertheimer no estructuró, como reconoce su hijo Michel, sus intuiciones en un cuerpo teórico, aunque bastaría recordar su mítico trabajo con “puntos” en *Laws of Organization in Perceptual Forms* (Wertheimer, 1923). Le venció la urgencia de desentrañar el pensamiento creativo y las claves de la educación. Cruzaron un océano en un mundo alterado científicamente por las guerras. Arnheim sí escribió un cuerpo teórico, incluso como editor honorario de la revista *Leonardo* del MIT. Lo hizo hasta su reciente muerte, en 2007, pero conquistado por la vertiente estética, sin cerrar la psicológica, lo único que faltaba para el puente neurocientífico. En los últimos años, guardó silencio sobre la imagen en movimiento, igual que *The Photoplay* sólo fue una obra aislada en el mar psicológico de Münsterberg. Si además de Christian Metz, y los historiadores cinematográficos que le redescubrieron, en otras disciplinas se hubiese tratado la imagen artificial en movimiento de un modo científico, no tecnológico, y con parecida intensidad transdisciplinar, no estaríamos hoy así. Creo que la persistencia retiniana, se analizaría en el ámbito de las post-imágenes y solo aparecería en los libros de historia de la ciencia como nota a pie de página.

Hoy, desde el punto de vista de la investigación tradicional, una de las recientes aportaciones más definitivas ha sido la de Yves Galifret (2006) en su trabajo *Visual persistence and cinema?*, entre otros. Decidió volver sobre el tema de la persistencia para enterrarla definitivamente. Galifret explica que desde la época de Plateau, dos fenómenos inconexos, el movimiento aparente y la fusión de luces intermitentes, fueron explicados por la persistencia retiniana. Recuerda como ya vimos, que la Gestalt se desembarazó tempranamente de esta persistencia. Galifret recuerda dos puntos a resolver en el visionado de una película y que son cuantificables (Galifret, 2006):

- La percepción de una iluminación constante en la pantalla a pesar de la obturación con los periodos de oscuridad.
- La perfección suave de los movimientos creados a partir de imágenes congeladas.

De esto último, el movimiento aparente, ya nos hemos ocupado un poco. Aún así, estos dos puntos corresponden a dos funciones diferentes del sistema visual y esta dualidad ha sido ignorada por los defensores de la persistencia retiniana. En la práctica, la tecnología tuvo que resolver el primer problema, con la modernización de la potencia de los proyectores y la mayor obturación de los mismos. A partir de un análisis matemático e histórico del concepto de frecuencia crítica de fusión (*critical flicker fusion rate*), Galifret recuerda que, cuando percibimos una estabilidad en una luz que parpadea a 100 Hz, no es el efecto de ninguna fusión o persistencia lo que está actuando, sino que simplemente hay una ausencia de percepción de las oscilaciones del brillo. No hay algo que no existe para nuestra visión: observar el punto donde el parpadeo en la imagen desaparece es como esforzarse en discriminar la transición entre algo y la nada. Esto es, cuando miramos una película, no percibimos las 48 o 72 intermitencias no porque haya una providencial memoria o persistencia retiniana rellenando los bajones de brillo, sino que las propias constantes de nuestra percepción del brillo, como veremos, no permiten seguir esas frecuencias (Galifret, 2006).

En cuanto a Steinman y los Pizlo, padre e hijo, volvieron a la carga con la ayuda de Talavage y Kim en 2005, esta vez pertrechados de armas neurocientíficas y con técnicas de neuroimagen, buscando algo que nos interesa fundamentalmente en Ciencias de la Comunicación, y en las investigaciones sobre la génesis de la imagen artificial en movimiento: saber si la actividad cortical de Beta y Phi es diferente, como parece ser el caso (Talavage, Pizlo, Pizlo, Kim, & Steinman, 2000). La presente investigación que yo propongo se siente honrada de seguir esta estela, para entender si hay diferencias entre mirar la realidad ilusoria y una película con ilusión.

A modo de resumen, la persistencia retiniana no es una explicación válida para la percepción del movimiento aparente en el cine y la televisión. La repetición del concepto de persistencia retiniana viene de unas pocas fuentes históricas que lo muestran como juicio de hecho asincrónico junto a otros avances sí actualizados y es aceptado erróneamente por manuales y documentos tecnológicos, teóricos y educativos sin contextualizarlo como sí se ha hecho con otros avances o descubrimientos. El fenómeno o efecto Phi es, efectivamente, un

efecto, pero como sucesor o cogobernante con la persistencia retiniana se han confundido, en numerosas fuentes, mecanismos y causas con dicho efecto. La importancia del efecto Phi es que reflejó muy tempranamente, en 1912 (!) con las investigaciones de Wertheimer y las reflexiones de Münsterberg en 1915 entre otros, que el proceso de percepción de las imágenes artificiales en movimiento había que investigarlo en los procesos cerebrales y no en la retina. La separación disciplinar de las Ciencias de la Comunicación, enfocada a los estudios sociales para definir su campo desde la Sociología de la Comunicación, ha dejado sin actualizar a aquella disciplina, abandonando los estudios de percepción por los de recepción casi exclusivamente. O la generación de análisis cinematográficos en el vacío. Y ha olvidado lo que la sociología no puede tratar y es propio también del campo de estudio de las Ciencias de la Comunicación, la comprensión de las imágenes artificiales en movimiento aparente. Hay un agujero que se desangra en la explicación de base para teorizar sobre la imagen. La teoría cinematográfica y de la imagen electrónica está pagando la falta de rigor en sus basamentos y la dicotomía entre análisis estético y psicológico. Urge incorporar en las bases de la percepción para Ciencias de la Comunicación los hallazgos de la Psicología de la Percepción, pero hoy ya se obsoletan con las investigaciones de las disciplinas neurocientíficas. Conviene añadir la dimensión neurocientífica para la comprensión de las imágenes artificiales en movimiento. Y tener cuidado con conceptos, veleidades inexactas, auténticos *fashionable nonsense*, de hablar sobre e-imágenes o i-mágenes de teóricos que nos ipodizan.

3.4.2. El movimiento real y el movimiento aparente

*“All the sensory systems can be fooled. Perhaps the most persistent fooling is by
cinema and television”*

Richard L. Gregory, 2005

El ojo es una excrecencia de nuestro cerebro, un agujero directo desde el mundo al sistema nervioso, que ha evolucionado para relacionarnos ventajosamente en el medio, en nuestra búsqueda de energía (Fulton, 2005). Bien sea calor, bien sea comida, o bien sea evitación de exposición, obstáculos o resguardo de predadores. El ojo es un organismo orientado a la acción, no a la contemplación, que es un fruto de su increíble sofisticación evolutiva (Milner & Goodale, 2006). En este sentido, es interesante destacar los distintos caminos que siguen las informaciones visuales que llegan a nuestro cerebro. La información de movimiento y dirección por un lado, y el color y la forma, siguen dos caminos distintos (Hubel, 1995/2000). Al principio. Y la información, la detección del movimiento, va adelantada al color y la forma, pues es mucho más urgente para nuestra supervivencia. Alguien que practica el tiro al plato, en el ejemplo citado anteriormente, lo sabe bien. Tenemos muchos más detectores de movimiento en el rabillo del ojo, para sobrevivir, ver venir la amenaza o la presa que escapa (Gregory, 2005). No hay defectos primigenios en la percepción de nuestro ojo, como postulan los persistentes, sino adaptación. Vamos a ver qué sabemos de cómo vemos el movimiento. Durante muchos años hubo una polémica sobre la percepción del movimiento aparente y el real. Se debatía si los mecanismos eran comunes o diferentes. ¿Trabaja el cerebro de manera diferente cuando miramos el mundo u observamos una película? La corriente hoy predominante opina que los canales visuales del movimiento aparente y el real, son los mismos (Zhuo et al., 2003). Parece que hay que integrar la percepción del movimiento en un marco más amplio. También resumiremos qué se sabe sobre cómo vemos el cine o la televisión.

3.4.2.1. Percepciones previas

Somos animales diseñados para creernos lo que vemos, recibir una imagen operativa del mundo que, sobre todo, nos permita evitar todos sus peligros y desenvolvernos con eficacia. Cinco pequeños experimentos nos pueden demostrar que todo es más sorprendente de lo que parece y que nuestra percepción del mundo está muy lejos de asumirse como fotográfica, cinematográfica o, a nivel perceptual, omnisciente de nuestro entorno.

Sólo vemos escasos grados de nuestro pretendido campo visual con definición significativa. Creemos que vemos todo un amplio pero imaginario campo visual. Observemos el punto central de la línea inferior sin distraer nuestra mirada, e intentemos decidir qué letras tiene a sus lados.

dfcr hurtu detyg • fnaiu fels tuxc

Si no hacemos trampas, apenas percibiremos una o dos letras de cada lado del punto sin mirar de reojo (Koch, 2005). Vemos muy poco campo visual con auténtica definición, la recogida en primera instancia por la fovea. Nuestra ilusión de percibir un amplio campo de visión poco tiene que ver con la persistencia retiniana o de la visión. Forma parte de ese increíble engaño práctico que llamamos percepción del mundo.

Supresión sacádica. Las sacadas son los movimientos rápidos que hace nuestro ojo entre fijaciones para ver con precisión. Vayamos un momento al cuarto de baño. Pongámonos delante de un espejo, a poco menos de medio metro, y observamos el ojo derecho, luego el ojo izquierdo, luego el derecho y así sucesivamente. No veremos el movimiento de nuestros ojos, pero no dejaremos de ver de uno a otro. Nuestro cerebro oculta el movimiento del ojo, pero además nos oculta que lo haya ocultado. Una grabación de vídeo o alguien que nos observe, revela, por supuesto, ese movimiento (Koch, 2005).

Renderizado del punto ciego. Una parte de la cobertura habitual de nuestro ojo no ve nada en absoluto y, sin embargo, no percibimos un agujero o un hueco en el campo visual, igual que no tenemos conciencia de negrura a nuestras espaldas. Allá donde las células de la

retina se constituyen en nervio óptico y siguen su camino hacia las zonas visuales cerebrales, no hay ninguna fotosensibilidad. Este agujero negro tardó en descubrirse, nada menos que hasta el siglo XVII. Siguiendo a Christof Koch: para encontrar el punto ciego, cerramos el ojo izquierdo y con el ojo derecho abierto fijamos la atención en la punta del pulgar izquierdo. Ahora, con el brazo extendido, movemos lentamente el dedo índice de la mano derecha hacia el pulgar mientras mantenemos el ojo pegado al pulgar fijo. Descubriremos que en determinado momento (cuando los dos dedos están separados más o menos 15-25 cm) desaparece el extremo del dedo índice. No obstante, cuando el dedo se aleja más, volvemos a verlo. Comprobaremos que no vemos nada en un fragmento de unos 5 grados (Koch, 2005). Determinados mecanismos neuronales, en continua actividad, transmiten la mentira de que la información está presente donde no puede ser visible nada. Esto debería hacernos pensar que el proceso de obtener una visión del mundo no es en absoluto un proceso lineal. Un gigantesco proceso, que ocupa más del 40% de nuestro cerebro, está actuando, renderizando incluso zonas de visión totalmente opaca, mostrando la punta del iceberg de la percepción visual. No es el cine una ilusión. La ilusión óptica es la verdad óptica o, dicho de otra manera, la ilusión visual es una verdad neurológica.

Percepción de los colores. Hay un problema difícil de mostrar, pero más terrible. Los colores NO existen. De hecho, inventamos colores incluso a partir de fotos en blanco y negro, como demostró Edwin Land, inventor de la *Polaroid*, con su teoría *Retinex* (Land, 1977; 1983). Es una superchería personal de cada individuo, con un diseño genético más o menos uniforme para la especie humana. Tiempo atrás, hasta el siglo XIX, oír, ver, todos los sentidos, eran considerados pasivos y receptivos. Desde Locke, nuestros sentidos eran como instrumentos de medida, que registraban fielmente la realidad externa en forma de sensaciones. Así, la percepción visual era la transmisión fiel de las imágenes desde la retina hasta el córtex visual, como quedaba impresa una imagen en una cámara. Se creía que el color era una parte de dicha imagen y no había lugar para un centro separado de la percepción cromática. Personas que, por accidente, habían tenido lesiones cerebrales y presentaban agnosias a los colores, no eran creídas y su estudio era perseguido. Oliver Sacks recuerda cómo la acromatopsia cerebral desapareció 75 años como tema de estudio, hasta 1974 (Sacks, 1995/2005). Se pueden analizar las realidades dentro de un marco teórico hasta negar evidencias, basándose en criterios que poco tienen que ver con el método científico. Las teorías clásicas del color no respondían a las constataciones de la neurología. Estudios como los de Ewind Land, demostrando que se podían obtener todos los colores al observar fotografías monocromáticas (véase

www.wendycarlos.com/colorvis/color.html), probaron las defendidas ilusiones del color de la concepción de Goethe (1810/1999). La verdad neurológica dice que los colores no están ahí fuera, en el mundo, ni están, como se sostenía y a veces se sigue escuchando, en correlación automática con la longitud de onda. Son contruidos por el cerebro. Semir Zeki delimitó zonas especializadas para el procesamiento del color y lo probó neurofisiológicamente actualizando el concepto con modernas técnicas de neuroimagen (Zeki & Marini, 1998). Tampoco debemos creer que nuestra percepción, artística o no, de los colores es superior a la de otros seres vivos. De hecho vemos menos colores, y peor, que la mayoría de las aves (Goldsmith, 2006).

Supresión perceptiva al parpadear. Todos parpadeamos continuamente, más o menos veces. Pero no somos conscientes de ello hasta que lo pensamos, como espero que ahora te pase, lector, y tomes consciencia de ello notando las interrupciones del parpadeo. Sin embargo, en la vida cotidiana, nuestro flujo visual no se interrumpe. Hay algo en la sensibilidad visual que enmascara estas interrupciones que duran hasta 300 milisegundos o más. Los mecanismos que subyacen tras la interesante supresión del parpadeo y la continuidad visual, no son bien conocidos. Algunos estudios muestran sin duda una supresión de la respuesta visual en humanos durante el parpadeo en las zonas MT/V5 del cerebro, pero es más interesante que esto coincide con un incremento de actividad en la zona parieto-occipital media cuando observamos algo. Se cree que esta región tiene un papel en mantener la continuidad visual durante los parpadeos (Bristow, Frith, & Rees, 2005). Nuestra investigación tiene uno de sus ejes en la alteración de la frecuencia de parpadeo espontáneo en función de los audiovisuales.

Ninguno de estos ejemplos son unas ilusiones ópticas (Eagleman, 2001). Son características esenciales del sistema de la visión que utilizamos. En todo caso, ilusión sería todo lo que creemos que vemos.

3.4.2.2. Miradas, detectores, aperturas y cerebros

“I count myself lucky to have been around in that era, a time of excitement and fun. Some of the experiments have been arduous, or so it has often seemed at 4:00 A.M., especially when everything has gone wrong”
David Hunter Hubel, 1995

“We are far from knowing everything. Nice to meet you. See you”
Thorsten Nils Wiesel, Julio de 2009, al autor,
disponiéndose a una excursión montañera de picnic con
su mujer y cruzando un puente de piedra en Benasque,
Huesca.

Las investigaciones sobre la percepción del movimiento reflejan una historia intensa y apasionante, pero también compleja³. En el siglo XIX se consideraba a la percepción como una asociación de elementos sensoriales, donde el movimiento no se percibiría directamente, sino que sería extraído de los cambios de luz en diferentes puntos del espacio y el tiempo. Sería percibido indirectamente viendo el mundo a partir de cambios en el brillo, el color y la distancia (Albright, 1999). Casi coincidiendo con la eclosión del cine, justo antes del siglo XX, esta visión entró en conflicto precisamente con la aparición de investigaciones en torno a dos fenómenos cruciales que cuestionaban esa percepción combinada (Albright & Stoner, 1995):

a. La ilusión de movimiento que aparece después de observar mucho tiempo un movimiento real, esto es la ilusión de la cascada (*waterfall illusion* o *motion after-effect* en la literatura anglosajona) que analizamos anteriormente, ya constatada por Aristóteles, y que salió a la arena científica con la publicación de Robert Addams (1834). En este fenómeno, se ponía de manifiesto un movimiento no asociado a la percepción real.

b. Y, sobre todo, la experiencia de movimiento inducido por estímulos estáticos presentados separadamente en el tiempo y el espacio, esto es, el movimiento aparente. Aquí, el observador no percibía cambios en las posiciones iniciales tal y como vimos con los fenómenos Phi y Beta, pero se veía movimiento. Es lo que llevó a Wertheimer (1912) a considerar el movimiento como sensación independiente, a la revolución de la Gestalt (Steinman et al., 2000) y es también lo que nos ha llevado a las actuales disquisiciones.

³ La literatura sobre el movimiento es muy extensa y es complicado explicar la multitud de investigaciones importantes que se llevan a cabo. No vamos a tocar el aspecto neuroquímico, por ejemplo. Mi intención en este apartado ha sido pergeñar una base sobre la visión del movimiento para que, los no neurocientíficos o psicólogos de la percepción, puedan contextualizar la presente tesis, la percepción del movimiento cinematográfico y las investigaciones que presento.

Considerado el movimiento como característica independiente, surgen muy rápido varias cuestiones que provocan multitud de investigaciones, principalmente animadas por los psicólogos perceptivos en una primera etapa y los neurofisiólogos, después. Estas investigaciones, tenían que responder a varias incógnitas: solución a los desafíos del flujo visual y las cosas que vienen a nuestra mirada en perspectiva y sus velocidades relativas; percepción de los formas y contornos en movimiento; discriminación de formas en profundidad y movimiento; enjuiciamiento subjetivo de trayectorias de colisión nuestra y hacia nosotros; valoraciones de la velocidad y dirección, percepción de animaciones, ilusiones visuales, etc... (Sekuler, 1995; Sekuler et al., 2002).

Miradas

Previamente, tenemos que observar que hay muchas maneras de percibir el movimiento (fig. 2) y de mirar. Podemos estar quietos, mirando algo que se mueve recorriendo nuestra retina, lo que llamaríamos provisionalmente sistema de movimiento retinal (Snowden et al., 2006) o mejor, sistema imagen-retina (Gregory, 2005). Pero también podemos perseguir a un objeto en movimiento con nuestros ojos o nuestra cabeza, lo que sería un sistema ojo-cabeza (Gregory, 2005).

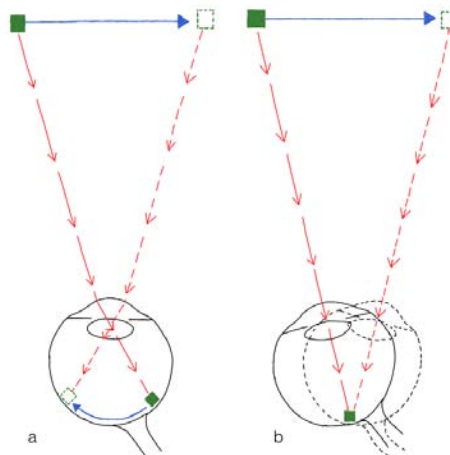


Figura 2. Dos sistemas de mirar movimiento, que suponen dos rutas diferentes. a. Sistema imagen-retina. La imagen de un objeto que se mueve recorre la retina cuando nuestros ojos están quietos y dispara los receptores de movimiento que encuentra por el camino. b. Sistema ojo-cabeza. El ojo sigue al objeto en movimiento. La imagen está quieta con respecto a la retina, pero percibimos el movimiento, a través de comandos para mover el ojo. Sería una mirada de persecución, mucho más lenta que las sacadas que veremos a continuación, fundamental para nuestro pasado cazador, que implica un intenso trabajo de coordinación motora cerebral. Fuente: dibujo del autor, adaptado de Gregory, 2005.

Estos dos sistemas pueden estar en desacuerdo algunas veces y provocar curiosas ilusiones, como cuando creemos, sentados en el tren, que nos vamos y nos damos cuenta que el que se va es el tren de al lado. Se trata de un caso de movimiento inducido: si el fondo se mueve es probable que nos estemos moviendo. Estos sistemas de mirar tienen muchas ventajas, pero también nos plantean otro problema. En el caso del sistema ojo-cabeza, cabe suponer que los músculos del ojo negocian el movimiento con el cerebro. Pero, al contrario que cuando hacemos una panorámica con una cámara, el mundo permanece estable, no gira con nuestros movimientos (a no ser que el alcohol nos haya deteriorado las facultades perceptivas y el mundo no pare de girar, a pesar nuestro). Los dos sistemas deben cancelarse uno a otro para que el mundo sea estable. Para entenderlo, tenemos que ver cómo miramos, o mejor, cómo miramos cuando nos movemos.

El sistema oculomotor debe compensar los movimientos de los ojos, la cabeza y el desplazamiento del objeto que miremos. También debe permitir que localicemos otro punto de interés que, se mueva o no, colabore para calcular la visión binocular para el relieve y la profundidad de las escenas que vemos con ambos ojos. Para ver las características de este sistema, vamos a seguir a José María Delgado-García, director de la División de Neurociencias de la Universidad Pablo de Olavide en Sevilla en su trabajo *Why move the eyes if we can move the head?* (Delgado-García, 2000). Para leer las líneas de texto de esta tesis que usted está leyendo ahora, los ojos deben moverse de izquierda a derecha en breves y rapidísimos desplazamientos llamados sacadas. Cada sacada se alterna con un periodo de inmovilidad llamado fijación. Durante las fijaciones es cuando adquirimos información visual con agudeza. Para leer estas líneas, pues, nuestro ojo no se mueve suavemente por la línea actual, sino a saltos, cada vez que dos o tres palabras se han comprendido. La amplitud de la sacada es de 2-3°, alrededor de diez letras, con una velocidad angular elevadísima, hasta 500°/s y duran en torno a 30-50 milisegundos (Rayner, 1998), menos de los 40 milisegundos que dura un *frame* de un video. Las fijaciones para adquirir información duran entre 200 y 300 milisegundos. Para elaborar el movimiento y dirigirse al siguiente punto de atención, la sacada se programa entre 150 y 200 milisegundos y esto debe llevarse a cabo durante el periodo de fijación. El número de sacadas y su duración dependerán de la dificultad del texto. Cuando los ojos llegan al final de la línea los ojos harán una sacada más larga -10°-20°, según el ancho de la página, hasta la siguiente. Aunque no somos conscientes de estos movimientos, podemos constatarlos si nos ponemos suavemente un dedo en el párpado superior y hacemos el intento de leer (Delgado-García, 2000). Hay otros movimiento oculares importantes de fijación, como las microsacadas, que

hacen pequeñas correcciones para centrar el objeto de atención en la fóvea. Hacemos dos o tres microsacadas por segundo y la diferencia con las sacadas es que son involuntarias y se producen cuando intentamos hacer una fijación. Es muy interesante precisar que aproximadamente el 80% de nuestra experiencia visual pasa durante las fijaciones. El otro 20% del tiempo somos virtualmente ciegos debido a los sistemas de supresión sacádica (Martínez-Conde, 2006). Captamos la realidad con imágenes discontinuas, lo que nos da una pista sobre la similitud de percibir a realidad y el cine. Por otro lado, en ausencia de movimientos retinales, las imágenes se funden y desaparecen (Rucci & Desbordes, 2003), el ojo nunca está quieto. Precisamente, otro de los movimientos oculares, el nistagmo de fijación, un tremor, un pequeñísimo temblor en los ojos se cree que tiene una función perceptual para mantener las células nerviosas de la retina excitadas (Rayner, 1998). Cabría pensar, a estas alturas de la lectura, si es posible constatar alguno de estos movimientos, viéndolos nosotros mismos. La figura 3 nos facilita, además de deleitarnos con otras ilusiones de contorno, esa posibilidad.

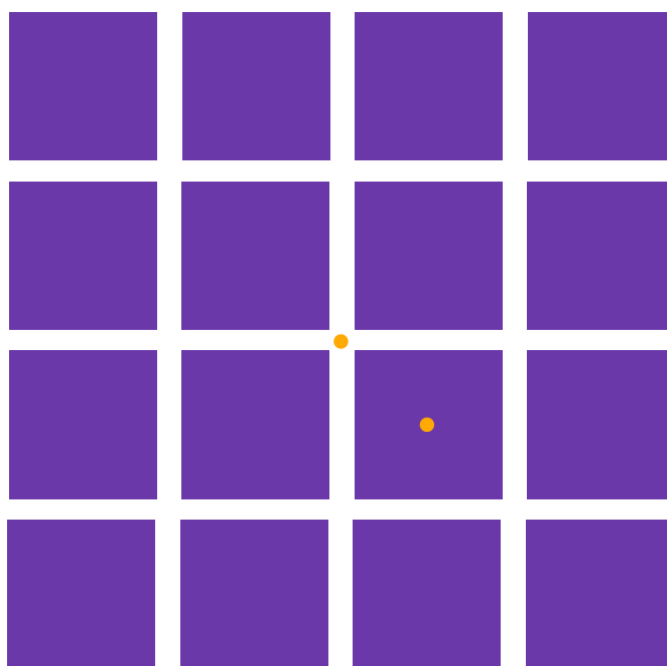


Figura 3. Demostración de que el ojo nunca está quieto. Si quieres, observa fijamente el punto naranja del centro de la imagen durante 20 segundos aproximadamente. Después, cambia tu mirada al otro punto. Deberías ver una persistencia retiniana (*afterimage*) de la red de cuadraditos. Aunque intentes mantener tu mirada fija en el otro punto, la persistencia grabada seguirá danzando sutilmente, mostrando el movimiento de tus ojos. Por cierto, la persistencia existe, pero no tiene nada que ver con la percepción del cine, como vimos y puedes ver. Fuente: dibujo del autor, modificado de Snowden & Troscianko, 2006.

El ritmo y la dirección de las microsacadas, sacadas, parpadeos y otros movimientos oculares también son sensibles a los procesos cognitivos y tareas que demandan atención.

Posteriormente volveremos sobre ello, cuando hablemos de la percepción de los audiovisuales, la atención y la ceguera a los cambios de plano.

Si por un momento nos imaginamos que nuestros ojos estuvieran empotrados fijos e inmóviles, como un sello pegado en nuestra cabeza, totalmente solidarios con ella, para leer esta página, necesitaríamos estar tan quietos como ella. Como la cabeza siempre se está moviendo, leer sería imposible. Sigamos con nuestras experiencias visuales. Intentemos una cosa sencilla. Fijémonos en una palabra de este texto y movamos la cabeza de un lado a otro, como para decir no. El movimiento de nuestra cabeza no nos impide seguir leyendo. Los ojos permanecen en el texto a pesar de la rotación de la cabeza. Esto es debido a que nuestro ojo compensa el movimiento de cabeza mediante el **reflejo vestibulo-ocular**, (VOR) (Delgado-García, 2000). Lo contrario, sin embargo, no funciona. Si mantenemos la cabeza quieta y movemos la página escrita o la pantalla a una velocidad semejante al caso anterior, es casi imposible leer. Si embargo, si movemos más lentamente lo escrito podremos leerlo de nuevo. En esta ocasión, podremos leer, como cuando movíamos sólo la cabeza. Esta vez una respuesta automática permite seguir un movimiento global y estamos asistiendo al **reflejo optocinético** (OKR). Estos reflejos ponen de manifiesto distintos sistemas de seguir objetos que se mueven por nuestra retina. Y ambos tienen su origen en partes diferentes del cerebro. Los reflejos VOR y OKR están presentes en todos los vertebrados, combinados con otros tipos de movimientos oculares (Delgado-García, 2000).

Pero saber cómo miramos y compensamos los movimientos de los ojos, siendo fundamental, nos aclara muy poco de cómo vemos moverse distintas partes de una escena. En el mundo y las películas, vemos moverse a la vez, coches, ramas en los árboles, un mechón de cabello, unos reflejos en el agua... No hay movimiento del ojo que pueda seguir todo esto a la vez. Las investigaciones más intensas sobre el movimiento se han dedicado y se dedican a esto, cuando la retina está quieta y las cosas se mueven por ella (Snowden & Freeman, 2004). Hacen falta otros enfoques y disquisiciones en paralelo.

Detectores y ventana de visibilidad

En 1959, un artículo, todo un clásico, llamado *What the frog's eye tells the frog's brain* del equipo de Jerome Lettvin, desde Massachusetts, comenzó a aclarar la situación (Lettvin,

Maturana, McCulloch, & Pitts, 1959). Estudiando las fibras del nervio óptico y la retina de ranas, encontraron que, en la mayor parte de la retina, lo detectado no era la intensidad de luz sino que el factor que excitaba las respuestas era el patrón de variación local de la intensidad. Observaron que había varios tipos de fibras que reaccionaban de manera diferente a diferentes patrones, que estaban distribuidas uniformemente por toda la retina y que informaban al cerebro de la rana *en función de cambios locales independientes* de la iluminación. Eran muchos retazos de información abstracta. Por ejemplo, un detector que sólo era sensible a unos contornos y si se movían o estaban quietos (Lettvin et al., 1959). Se entendió que el ojo no hacía fotos, era un detector de cambios.

Muchos años después, en 2006, las investigaciones con ranas de Lettvin llevaron a Kristin Koch, en la Universidad de Princeton, a preguntarse cuánta información se transmite desde las fibras de la retina por el nervio óptico, en los humanos, hacia el cerebro (Koch et al., 2006). Con aproximadamente 10^6 células ganglionares en la retina, se transmiten 875.000 bits por segundo. Como una conexión Ethernet habitual en nuestros ordenadores de hoy en día.

Pero volvamos a mediados del siglo XX. Esta detección de cambios locales llevó a un importante problema filosófico, presente desde hace años, en la búsqueda de la explicación de la percepción del movimiento. Las señales de estos detectores de Lettvin controlan la velocidad de los cambios sin un reloj o una estimación del tiempo. En nuestro cerebro, la percepción de la velocidad del movimiento debería referenciarse con algún reloj biológico. La velocidad, como sabemos, es el tiempo que tarda un objeto en recorrer una distancia determinada. Como recuerda Gregory (2005) en su clásico *Eye and Brain*, observemos que el velocímetro de un coche no necesita ningún reloj para funcionar. Pero en la fábrica habrán tenido que calibrarlo para que sea fiable. Lo mismo pasa con los ojos. El objeto recorre la retina y va disparando receptores en su recorrido sin necesidad de un reloj controlador, igual que el velocímetro del coche. Pero es vital averiguar cómo funciona ese detector con la gran cantidad de estímulos que se mueven por doquier. Rápidamente se vio que había que resolver varios problemas importantes. Algunos de ellos son: cómo funcionan los detectores de movimiento, el llamado problema de la apertura y la integración del movimiento (Durant & Zanker, 2009; Sekuler et al., 2002; Snowden & Freeman, 2004; Solomon, Chubb, John, & Morgan, 2005).

Necesitamos unos detectores que analicen el movimiento entre cortos espacios de tiempo, entre estar aquí y allí. Ese detector debe ir combinando y comparando con retraso y “recuerdo” (detectores *delay-and-compare* en la literatura anglosajona), la antigua posición de un objeto y la siguiente. Alejandro Maiche, de la Universidad Autónoma de Barcelona, y ahora en la Facultad de Psicología de la Universidad de la República Oriental de Uruguay, precisa cómo el tiempo de reacción al movimiento en las personas depende de la información sensorial, pero no se utiliza al principio ningún juicio perceptivo voluntario. Es la orientación de las líneas, por ejemplo, lo que influye en el cómputo de velocidad y esta percepción puede equivocarse o interpretarse mal (Maiche Marini, 2002). Los detectores deberían basarse en una concepción espacio-temporal del cambio. Y esta concepción espacio-temporal del cambio es la entrada fundamental del sistema visual y ha llevado a los modelos más fructíferos de percepción del movimiento, los modelos del campo receptivo espacio-temporal (Adelson & Bergen, 1985; Adelson, 1991). Desde el punto de vista matemático, analizar el movimiento y analizar la orientación en el espacio, es lo mismo. Si tratamos el tiempo como una dimensión espacial, podemos aplicar lo que sabemos de la detección en el sistema visual, al dominio espacio-temporal. El primer modelo completo de un detector así lo hizo Werner Reichardt en 1956, desde el Departamento de Procesamiento de Información en Insectos del Instituto Max Planck de cibernética biológica en Tubinga, Alemania (Hassenstein & Reichardt, 1956; Reichardt, 1961). Investigó la sensibilidad visual en los recorridos que hacían escarabajos. Veamos cómo debería funcionar (fig. 4).

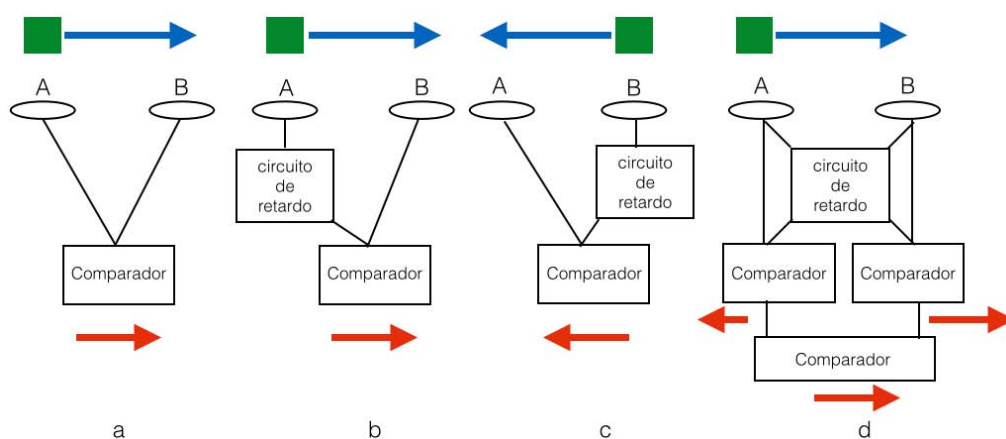


Figura 4. Esquemas de detectores de movimiento muy sencillos. Explicación en el texto. La líneas de retardo permiten aquí valorar el movimiento y la dirección del objeto detectado. El retardo depende de la separación entre A y B y de la velocidad del objeto, pero garantiza la definición espacial y temporal. Fallará en distinguir dos estímulos diferentes de movimiento aparente: hay que usar otra estrategia más sofisticada para clasificar los estímulos (Sekuler et al., 2002). Fuente: dibujo del autor adaptado de Snowden et al., 2006.

Si tenemos un objeto, por ejemplo un cuadrado verde, que se mueve de A a B, tendríamos que tener dos receptores, uno que detecte el objeto cuando está en A, y otro que lo haga cuando esté en B (fig. 4a). Un detector confirmará una primera señal del objeto pasando y, otro, lo hará después: habremos detectado movimiento. Pero estos detectores funcionarían igual si el cuerpo se moviese hacia la izquierda, de B a A o hacia la derecha, de A a B. Tenemos que hacer que nuestro receptor sea asimétrico, que tenga un retraso de tiempo (fig. 4b). Parece lógico que si el cuadrado pasa primero por el punto A, excite ese detector y, después haga lo correspondiente con el detector B. Entonces, si colocamos un retardador en la salida de la señal del detector A, cuando llegue la señal a una caja de comparación de señales, lo hará al mismo tiempo que la señal del detector de B. El retraso de tiempo será precisamente el tiempo que tarda en llegar el cuadrado de A a B. El movimiento de B a A, excitará primero el receptor B. Tiempo después, cuando pase el objeto por A el detector se disparará. Los retrasos en uno u otro detector (fig. 4b, 4c), garantizan que la actividad de ambos detectores no ocurra al mismo tiempo. Lo que conseguimos así es que el movimiento de A a B por ejemplo, excite una detección de izquierda a derecha, pero no al contrario. Pero podemos elaborar más nuestro detector. Podemos unirlos en un único detector (fig. 4d) que únicamente use dos sensores para ambas direcciones. Sería más elegante pero, además, una comparación adicional posterior, permitiría restar las diferencias de uno y otro para estímulos más complejos. ¿Existe un sistema así en nuestro cerebro? Sí. Incluso en un escarabajo, un ratón o una mosca. Lo veremos enseguida, cuando los neurofisiólogos entren en acción.

Este esquema espacio temporal se encuentra en muchos modelos de detectores. En realidad, la figura 4 representa, básicamente, los radares de velocidad en nuestras carreteras. Resuelven un problema semejante al que hace la visión, si vamos conduciendo muy deprisa. Pensemos, en la práctica humana, la cantidad de señales, objetos texturas, luminosidad, movimientos divergentes, convergentes, profundidad, con las que tiene que lidiar la visión. La tarea es formidable.

El camino abierto por Reichardt (1956), localizar un estímulo con valores espaciales y temporales, energía de movimiento, es cierto en nuestra visión, pero tiene muchas insuficiencias (Sekuler et al., 2002; Sekuler, 2012). Una de ellas afecta a la percepción de los audiovisuales. Falla en distinguir si dos objetos son diferentes o cambian, como cuando un estímulo aparece en un sitio y luego en otro, al estilo del movimiento aparente manifestado en el fenómeno Beta o la percepción de presas que aparecen y desaparecen entre los árboles de

un bosque, por ejemplo. Un punto se presenta en A, desaparece, y aparece en B. Pero hemos visto que la visión real también se produce discontinuamente. El detector debe tener un umbral que permita, con el margen de intervalos adecuados, percibir un movimiento suave cuando sea necesario.

Sobre ello investigaron Watson, Ahumada y Farrel (1986), en el grupo de Percepción y Cognición del centro AMES de la NASA, y definieron una “ventana de visibilidad” (*window of visibility*), en un modelo de detector que cuando recibe imágenes discontinuas, al estilo de una película, genere una señal temporal adicional a la frecuencia percibida, cuando la frecuencia de presentación del estímulo es baja. Esto nos devuelve a los detectores espacio-temporales de Adelson, pero además, Watson se interesa por definir un modelo que prediga la frecuencia de muestreo crítica para mostrar imágenes fijas en movimiento aparente e imágenes en movimiento continuo de manera indistinguible para nuestra visión (Watson et al., 1986; Watson, 2013). Esa frecuencia dependerá de la agudeza espacial y temporal del observador y de la velocidad y la frecuencia espacial de presentación de las imágenes.

Lo primero para definir ese modelo, será conocer las limitaciones prácticas de la visión humana al encararse al movimiento. Sería útil encuadrar la visión en una “ventana de visibilidad” (*window of visibility*), en cuanto a la capacidad perceptiva, de detección y los estímulos presentados. Nuestro ojo, mejor, la visión, tiene una serie de limitaciones. Podemos ver algunas en la tabla 1:

Dimensión de medida	Límites (aproximados)	Unidades
Longitud de onda	380 -780	nm (nanómetros)
Resolución espacial	0-60	ciclos/grado
Resolución temporal	0-60	Hz (hertzios)
Campo visible	190° horizontal, 125° vertical	grados

Tabla 1. Algunos límites de la visión humana. Parámetros a modo de ejemplo. Fuente: datos recogidos por Andrew Watson, 2009.

Conocer estas y otras limitaciones, puede ser muy útil en el diseño de dispositivos como pantallas y reproductores de imagen. Aún así, los límites perceptivos son muy variables, controvertidos (Fulton, 2009; Sperling & Doshier, 1986) y dependen de los procesos de acomodación y adaptación de la visión. Por ejemplo, el rango de intensidades de luz con el

que opera el cerebro, sin lesionarse, es de 13 unidades logarítmicas, 13 factores de 10, de 1 a 10.000.000.000.000, pero este rango no lo puede manejar la visión en un mismo momento. Las neuronas visuales manejan un rango de 2 unidades logarítmicas solamente. La ventana a la sensibilidad de la luz tendría un rango de 100. Pero a través del proceso de adaptación a la luz, la visión mueve esa ventana receptiva según la luminancia hasta cubrir ese rango de 13, según las necesidades (Watson, 2009). Por otro lado, hay quien opina que la región de constancia a los colores estaría entre 1 y 3.300 mili-Lamberts, de 3 a 10.000 cd/m² (Fulton, 2009). Hay dos factores más que limitan la percepción y son pertinentes. La dimensión temporal, tiene como límite perceptivo la frecuencia crítica de fusión (*critical flicker fusion rate*), que ya comentamos cuando Galifret terminaba con la falsa hipótesis de la persistencia retiniana. Esto limita nuestra detección entre 0 y 60 Hz, cosa que influye en la frecuencia de refresco de los televisores. Y por otro lado, la dimensión espacial, en cuanto a la discriminación de detalle. Hay un límite en cuanto a lo más pequeño que podemos discriminar, pero también en cuanto a lo grande. Pensemos en esto en términos de frecuencia espacial. Como el sonido, podemos descomponer la imagen en ondas de brillo y contraste. Cuanto más rápidas sean y más alta sea la frecuencia espacial y más pequeños serán los detalles de sus cambios. Esta unidad de cambios espaciales, se mide en ciclos/grado (el dedo pulgar abarca 2° de ángulo de visión extendido a la distancia del brazo y mirándolo, claro). El límite de visibilidad en la frecuencia espacial por arriba es en torno a 60 ciclos/grado. El inferior sería 0,1 ciclos/grado, como un patrón de cuadraditos muy pequeños a la distancia de un brazo y del tamaño de la uña. Esto atañe a la definición de las pantallas. Tenemos tiempo y espacio. Todo ello se manifiesta en el movimiento. Hay movimientos muy lentos que no percibimos, como un flor abriéndose, y otros muy rápidos, como una bala. Esos límites se pueden deducir de estas limitaciones temporales y espaciales. En una ventana de frecuencias temporales y espaciales, los límites perceptivos mostrarían dónde podemos ver las imágenes del mundo, del cine y la televisión, la frecuencia de fotogramas y la definición espacial necesaria para que un movimiento aparente y uno real nos pareciese lo mismo. Esa es la ventana de visibilidad: la región de frecuencias espacio-temporales que son visibles para el observador (fig. 5). Todo lo que hay fuera de la ventana, no se vería. Los bordes de la ventana serían w_0 ciclos/grado y w_0 Hz (pueden ser *frames* por segundo), que definen el rombo verde de la figura 5. Las líneas son imágenes justo en el borde de ser visible su movimiento y tienen una pendiente r . Para bajas velocidades la imagen, la línea azul, toca la ventana en el vértice superior cuando $w_s = w_0$. Para altas velocidades, la línea roja, se apoyará en el vértice derecho de la ventana e intersectará el eje vertical en $w_s = r w_0$ (fig. 5). El límite entre velocidades rápidas y lentas se dará cuando la

pendiente, r , sea igual a la pendiente de la ventana, esto es, cuando $r = w_0/u_0$. Las velocidades lentas se manifestarán como parpadeos (*flicker* en las imágenes) y las altas como múltiples imágenes y artefactos no deseables. Con el incremento de velocidad, la frecuencia crítica de *frame* se eleva mucho, llegando enseguida a los 200 Hz. En general, la frecuencia crítica de *frame* es más alta que el límite humano de resolución temporal, w_0 . Luego para los límites de la percepción del movimiento no hay diferencia en la percepción de un tipo u otro de movimiento. Si los cambios espaciales y temporales se presentan a las frecuencias adecuadas, se verá un movimiento suave dentro de la ventana de visibilidad.

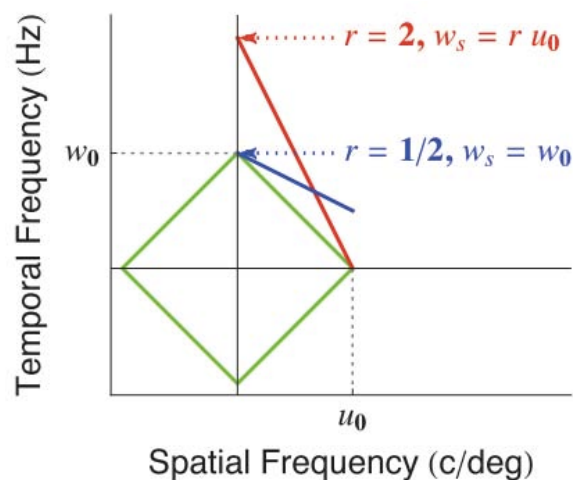


Figura 5. Ventana de visibilidad. El rombo verde es la ventana de visibilidad. Lo que hay dentro, se verá bien. w mide la frecuencia temporal, en una pantalla, o en el video, los fotogramas o los *frames* por segundo. u es la frecuencia espacial, en ciclos por segundo. Las dos líneas tocan la ventana en dos puntos críticos. Son imágenes fuera de la zona de visibilidad. La azul, bajas velocidades, en el punto donde empezariamos a ver parpadeos (*flicker*) y es el límite para ver saltar las imágenes cuando todo va lento. La línea roja, velocidades mayores, es cuando todo va rápido, donde empezariamos a ver duplicadas las imágenes. r es la inclinación de las réplicas de las imágenes. Fuente: cortesía personal de Andrew Watson, del *Technical Paper* de la SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*): *High Frame Rates and Human Vision: A view trough the window of Visibility*, 2013.

En las investigaciones psicofisiológicas, que pronto se cruzarían con las neurofisiológicas, debido a la especialización de zonas y detectores, se distinguieron movimientos de primer orden (patrones de movimiento por luminancia), segundo orden (contraste, texturas y contornos) e incluso se propusieron modelos de tercer orden (Lu & Sperling, 2001) para la integración de movimientos complejos, hoy puestos en cuestión (Elleberg et al., 2004; Lu & Sperling, 2002; Patterson, 2002), después de años de experimentos, en pro de una teoría más unificada. Sin embargo, el modelo de detector de Reichardt sigue generando provechosas investigaciones (Solomon et al., 2005). Lo importante es que estos circuitos espacio-temporales, para calcular el movimiento, procesan información

de la misma manera en células nerviosas aisladas y redes de circuitos neurales (Borst & Egelhaaf, 1989).

El problema de la Apertura

Los modelos de percepción del movimiento sufren para explicar la discriminación de ambigüedades en la visión del mundo real. O la percepción del llamado movimiento aparente, que ya intuimos que es parecido al movimiento real, tal como lo percibe la visión humana. Las neuronas de la zona visual primaria, V1, extraen las señales de la retina a partir de pequeños detectores, campos receptivos construidos como rendijas de apertura muy pequeña que detectan, como hemos podido entrever, la dirección del movimiento (Born & Bradley, 2005; Sekuler et al., 2002; Snowden & Freeman, 2004). Pero una detección así, tiene muchas limitaciones para conocer la dirección real de un objeto. Si tomamos el interior de los círculos rojos de la figura 6 como los campos receptivos del detector, veremos que el movimiento del rombo verde, moviéndose hacia la derecha (fig. 6a) o hacia arriba (fig. 6b), arrojan los mismos resultados ambiguos de un movimiento detectado hacia la derecha.

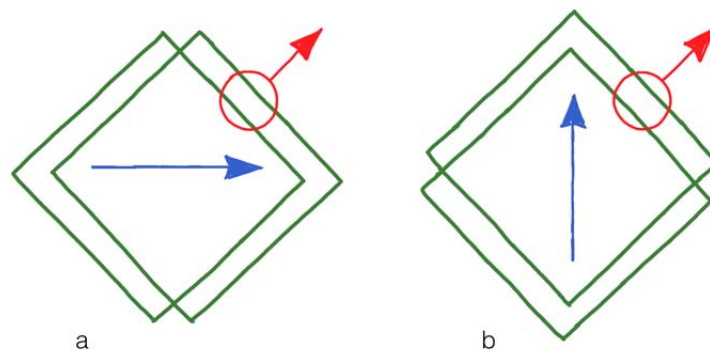


Figura 6. El problema de la apertura. Que un detector de movimiento explore a partir de una “ventana” más pequeña (círculo rojo) que el contorno que se mueve (borde del rombo verde), implica que el movimiento de este contorno será ambiguo. Fuente: dibujo del autor, modificado de (Snowden & Freeman, 2004).

Se han sugerido muchos métodos para solucionar el problema de la apertura. También tiene que ver con el llamado movimiento transparente, cuando hay distintas direcciones de movimiento en un objeto (Curran, Hibbard, & Johnston, 2007; Snowden & Verstraten, 1999). Algunas hipótesis combinan la información de varios detectores, otros modelos implementan una limitación de las interpretaciones de velocidad y, otros, muy interesantes por sus resultados, creen que el problema se resuelve con la detección de los bordes que no sean

ambiguos del objeto y que por tanto, no sufren el problema de la apertura. Los bordes, los “terminadores” de un objeto en movimiento han sido muy investigados en función de su situación y posición, especialmente en una ilusión visual llamada *barber-pole* (fig. 7), el poste del barbero (Castet, Charton, & Dufour, 1999; Fisher & Zanker, 2001, por ejemplo).

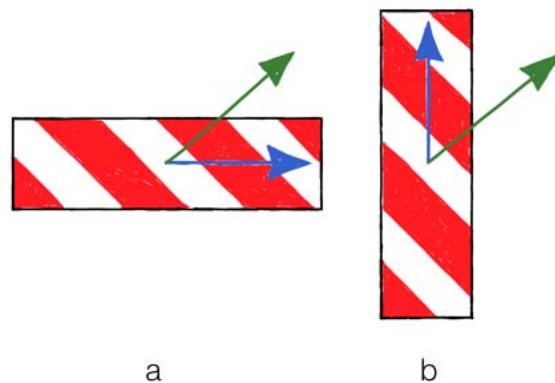


Figura 7. La ilusión *barber-pole*. Hace referencia al símbolo que anuncia clásicamente las barberías. Se cree que data de la Edad Media, cuando los barberos también se encargaban de pequeñas operaciones y odontología. Al acabar la faena de la operación, era costumbre de este gremio atar los trapos –generalmente manchados de sangre– colgándolos del poste. Los trapos giraban con el viento, anticipando el efecto visual que hacen los postes giratorios que hoy adornan muchas barberías (Maiche Marini, 2002, también para una buena caracterización de los terminadores y la estimación de la velocidad del fenómeno). Breve explicación en el texto. Fuente: dibujo del autor adaptado de Snowden & Freeman, 2004.

En esta ilusión visual, las franjas del *barber-pole* se mueven físicamente hacia arriba y hacia la derecha, mientras que nosotros sólo vemos el movimiento a lo largo del eje largo del rectángulo, se sitúe este de manera horizontal (fig. 7a) o vertical (fig. 7b). Esto es debido a que los terminadores se mueven alrededor del contorno y, el hecho es que hay más contorno alrededor del eje largo que del corto (Snowden & Freeman, 2004).

El problema de la apertura sigue siendo un campo de incontables investigaciones hoy mismo (Xue, Mobahi, Durand, & Freeman, 2015). Por último, es curioso reseñar que, en 1911, un joven científico de apenas veinte años, Pleikart Stumpf, en un informe preliminar para el Instituto de Psicología de la Universidad de Berlín, formuló inicialmente el problema de la apertura y esbozó los detectores de Reichardt (Todorovic, 1996). El artículo de Todorovic reproduce el informe completo de Stumpf, difícil de encontrar. A partir de espirales radiales en movimiento, intuyó un doble detector parecido al de Reichardt que desambiguaría las direcciones de los movimientos. No se tiene constancia de que Stumpf, que se definía como un estudiante de medicina, produjese más literatura, ni escribiese más que ese informe preliminar. Pero en la serendipia del mundo científico, a veces se cierran círculos o

espirales realmente llamativas o cinematográficas: en el mítico trabajo de Wertheimer sobre Phi, objeto de anteriores secciones, se cita a Stumpf en la página 232 y se ilustran sus espirales (Wertheimer, 1912). Wertheimer conocía al joven estudiante. Un misterio de la historia de la ciencia que merece ser investigado.

A partir de aquí, para comprender las posibles explicaciones al problema de la apertura y la gestión de la información visual, tendremos que aproximarnos, brevemente, a la neurofisiología y lo que sabemos de los procesos cerebrales que participan en la visión del movimiento.

La Integración del movimiento

En la década de los 60 del siglo XX, ya existía, como hemos visto, un gran cuerpo de investigaciones psicológicas sobre la percepción, pero se desconocía prácticamente todo lo que pasaba más allá de la retina. Los trabajos de David Hubel y Thorsten Wiesel, especialmente dos artículos, *Receptive fields of single neurones in the cat's striate cortex* (1959) y *Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex* (1962), merecieron el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1981. Grabaron señales de grupos de neuronas de la corteza visual como hoy trabajamos con EEG o más profundamente, con fMRI. Su acceso a los patrones del sistema de visión cambió las ciencias cognitivas para siempre (Wurtz, 2009). A partir de esos trabajos, el sistema de la visión ha sido el más estudiado neurofisiológicamente. El córtex visual humano comprende entre cuatro y seis mil millones de neuronas, ricamente interconectadas y organizadas, y, por lo que se sabe hasta ahora, repartidas por más de 12 áreas (Wandell, 2008). Dicho córtex, incluye todo el lóbulo occipital y grandes partes de los lóbulos parietales y temporales. Las áreas del córtex visual se identifican midiendo los mapas del campo visual. Estímulos próximos en el campo visual provocan respuestas en zonas que están próximas en el córtex visual. Vamos a hacer un recorrido esquemático por las vías de percepción del movimiento en dicho córtex.

El área neurocientífica que ha experimentado más desarrollo en estos años, seguramente ha sido la neuroimagen, permitiendo a los investigadores encontrar patrones de actividad en humanos vivos y efectuando tareas cognitivas. Antes de 1990, el conocimiento del córtex provenía en su mayor parte de animales y se intentaba hacer una extrapolación a los

seres humanos. También se empleaba la evidencia que existía en síntomas de pacientes con enfermedades neurológicas o accidentados. Con los trabajos pioneros de muchos investigadores, especialmente Roger Tootell, desde el Harvard Medical School, usando fMRI, se vio que había correspondencias entre el cerebro humano, en concreto en los procesos de percepción del movimiento, con el de los macacos, primates cuyos cerebros eran los que más se conocían (Tootell et al., 1995; Tootell, Dale, Sereno, & Malach, 1996). Unos años antes, investigando con estos primates, Semir Zeki, hoy profesor de neuroestética, desde el Departamento de Anatomía en el University College de Londres, descubrió en el córtex visual del macaco la zona V5, luego llamada MT en humanos, que reaccionaba fuertemente a movimientos complejos y se creyó en su momento, durante bastantes años y aún hoy, que era la zona integradora del movimiento y lo que se conoce como flujo visual (Zeki, 1974; Zeki, 2004; Zeki, 1978). Veremos que no es así exactamente, no es tan sencillo, pero iniciemos el recorrido por el córtex desde el principio. Nos referiremos tanto a la percepción en primates no humanos como humanos, según estén consolidados los conocimientos.

Evolutivamente, analizando el control motor de los vertebrados, el papel de la visión ha estado más enfocado a la acción que a la percepción. Y el sistema visual, de alguna manera, ha tenido que acomodar estas dos funciones, actuar en el mundo y representarlo (Milner & Goodale, 2006; Westwood & Goodale, 2011).

A grandes rasgos, desde cada ojo, salen un millón de fibras nerviosas y sus señales se cruzan ipsi y contralateralmente en el quiasma óptico y van a los núcleos geniculados laterales, desde donde radian principalmente, hay otras vías y algunas relacionadas con los movimientos oculares, a la zona V1. La distribución de señales ha sido muy estudiada y, simplificando mucho, hacia la zona estriada occipital radian el sistema magno-celular, en parte distribuido hacia zonas dorsales y el sistema parvo-celular, redistribuido a zonas ventrales. Pronto se propuso que estas vías estarían especializadas. Si dichas vías permanecían algo segregadas más allá de la zona primaria de la visión, V1, se sugirió que el sistema magno-celular estaría relacionado dorsalmente con la organización espacial de la visión, decidiendo que elementos visuales como terminadores, bordes o discontinuidades, situarían los objetos en una escena. El sistema parvo-celular, ventralmente, era más importante para analizar y comprender los objetos en detalle (Livingstone & Hubel, 1988). David Milner, hoy en la Universidad de Durham en el norte de Inglaterra, y Melvyn Goodale, investigador inglés también, pero desde la Universidad de Western Ontario en Canadá, y no sin controversia, corrigieron este punto de

vista ligeramente en la última década de los años noventa del siglo XX (véase fig. 8 de macaco, luego volveremos sobre ella). Consideraron que las redes de células del sistema **dorsal** llevan a cabo los cálculos y las transformaciones necesarias para las **acciones que necesitan de la visión**, mientras que las redes del sistema **ventral** permitirían las **representaciones cognitivas y perceptuales** con las características de los objetos y sus relaciones (Milner & Goodale, 2006; Westwood & Goodale, 2011).

Pero sigamos el camino de la percepción del movimiento. Entre las neuronas del sistema visual, las primeras células sensibles a la detección y dirección del movimiento, se encontraron la citada área V1, el córtex visual primario en la zona occipital. Esas neuronas a menudo se describen como sintonizadas (*tuned* en la literatura anglosajona) para la detección de direcciones del movimiento. Desde Hubel y Wiesel (1962, 1965; 1995/2000), como hemos visto, sabemos a ciencia cierta que una gran parte de esas neuronas de V1 responden mejor cuando un contorno o borde se mueve a través de sus detectores en una particular dirección. Las respuestas son menores, en cambio, cuando el movimiento es en dirección contraria. Diferentes neuronas, tienen diferentes direcciones preferidas de detección del movimiento (fig. 8) y se organizan, como hemos dicho, por proximidad, en todas las direcciones posibles (Sekuler et al., 2002). En este proceso inicial se hace un análisis local de la energía del movimiento. Así se denomina a los valores que toman los detectores, como vimos al hablar de detectores del campo receptivo espacio-temporal. A estos modelos explicativos espacio-temporales, se les denomina también modelos de energía de movimiento (Adelson & Bergen, 1985; Adelson, 1991). Otras hipótesis que pueden coexistir, y también se consideran modelos de energía, son los modelos de decodificación de frecuencias, que comentamos más arriba al hablar de las investigaciones de Watson desde la NASA (Watson & Ahumada, 1985; Watson et al., 1986).

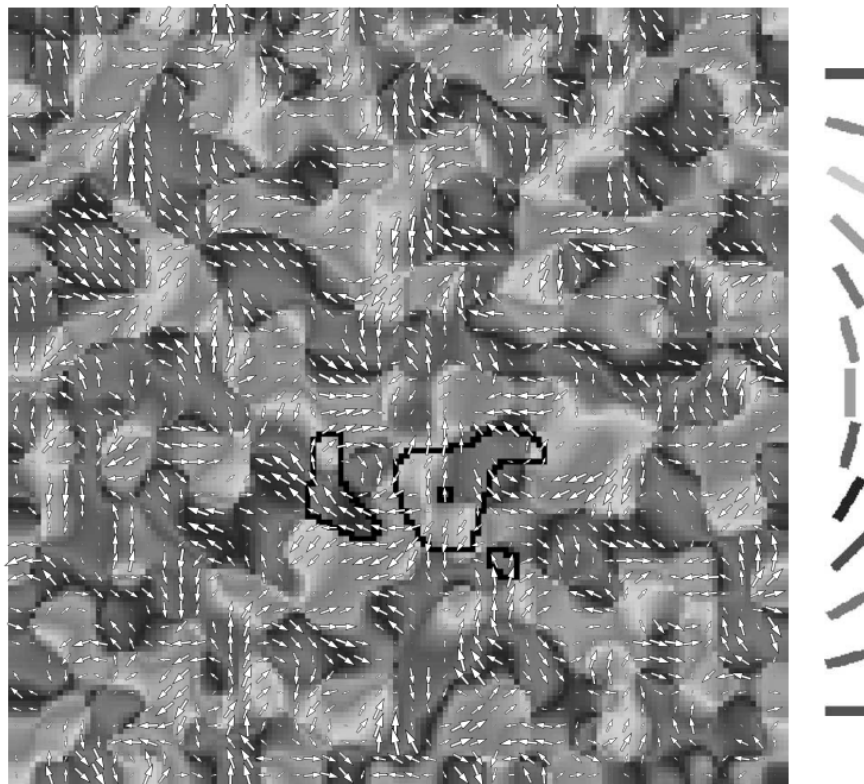


Figura 8. Modelo informático de los detectores de movimiento espacio-temporales en un mosaico que abarcaría únicamente 142 x 142 neuronas de V1. Es muy parecido a lo que se encuentra experimentalmente en V1. Se adivina un mapa muy gradual de selectividad de orientaciones y las neuronas se colorean según su orientación de acuerdo a la gama de grises de la derecha. Las preferencias de dirección de cada tres neuronas se muestran con una flecha. La flecha es proporcional en tamaño, a su sensibilidad de dirección y la punta de la flecha, muestra la dirección preferida. La orientación preferida de los detectores suele ser perpendicular a la dirección detectada. Por ejemplo, la neurona cuadrículada en negro, en la zona central marcada, está en una región que prefiere movimientos horizontales y hacia arriba. Debajo de ella, otras neuronas también prefieren líneas casi horizontales, pero en dirección contraria. Las áreas remarcadas en negro muestran la extensión de zonas adyacentes de columnas laterales correctoras. Fuente: cortesía de Risto Miikkulainen (2003), del Department of Computer Sciences, de la University of Texas en Austin. Una bonita y espectacular animación a todo color se puede disfrutar en: http://homepages.inf.ed.ac.uk/jbednar/dir_map.html.

En el análisis de las direcciones del movimiento, estas neuronas detectoras actúan como filtros que registran los componentes que son capaces de detectar por su diseño (fig. 8). Las señales que salen de estos filtros pasan a unos segundos analizadores que integran las señales de regiones más extensas del flujo visual. Esta etapa de análisis del movimiento comienza en la famosa área Middle Temporal, MT. El área MT recibe algunas de sus entradas directamente del área V1 y el resto, indirectamente de las áreas V2, V3 y V4 (fig. 9). Casi todas las neuronas de MT son selectivas para la dirección y velocidad del movimiento de los objetos, de nuevo, según preferencias de dirección. Pero las neuronas de MT tienen campos receptivos mucho más amplios, lo que significa que pueden integrar el movimiento en regiones mucho más amplias del espacio (Sekuler et al., 2002).

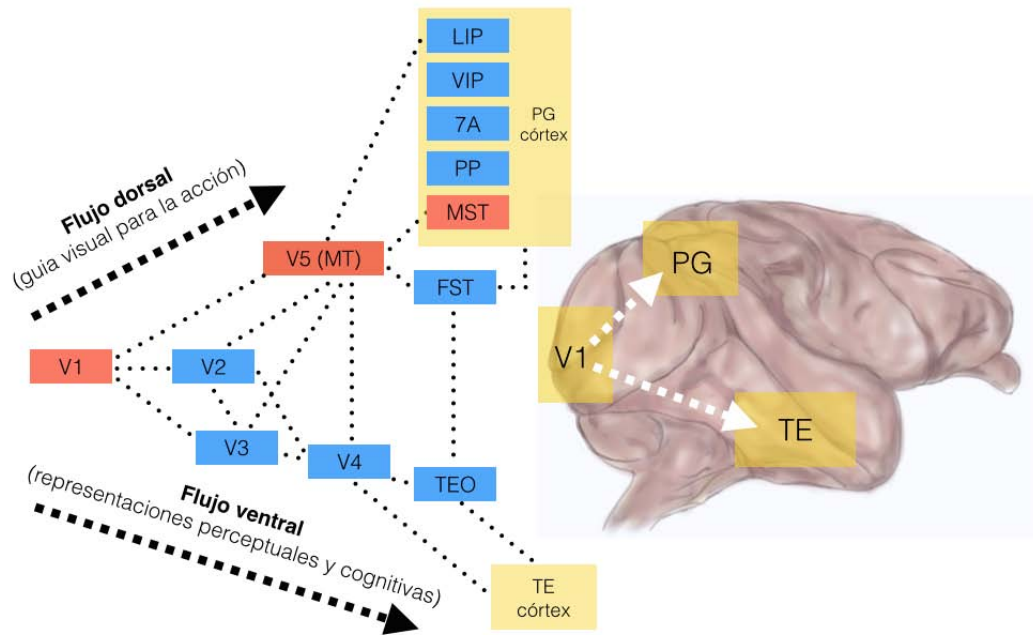


Figura 9. Boceto muy esquemático del recorrido supuesto de los flujos funcionales y anatómicos en el córtex cerebral de los primates. Se boceta un cerebro de macaco (*Macaca Mulatta*, también llamado mono Rhesus), uno de los más estudiados. No se han desglosado muchas zonas. Las conexiones son, en muchos casos, bidireccionales. Obsérvense los flujos interconectados, pero también diferenciados, **dorsales** hacia el córtex parietal inferior (área PG) y **ventrales**, abajo, hacia el córtex temporal inferior anterior (área TE). Abreviaturas significativas para el texto: V1, córtex visual primario o estriado, MT, área temporal medial, también llamada V5, MTS, área temporal medial superior, PP, córtex parietal posterior, donde se encuentra 7A, el área así llamada y determinada fisiológicamente por *Broadmann*, VIP, área intraparietal ventral, LIP, área intraparietal lateral, área FST, fondo temporal superior, área TEO, zona temporal inferior posterior, por Temporal Occipital, tras TE. Algunas áreas son controvertidas: por ejemplo, Semi Zeki siempre consideró que TEO era parte de V4. Fuente: dibujo del autor adaptado de McIntosh et al., 1994; Sekuler et al., 2002; Ungerleider & Haxby, 1994; boceto cerebro macaco adaptado de Welker, Johnson, & Noe, 2015.

De hecho, las neuronas de MT integrarán el movimiento por sí mismas, aunque las señales de cambios vengan por luminancia, color o textura. Y se proyectarán hacia zonas superiores que codificarán formas de movimiento más complejas, como expansiones y rotaciones. MT también presenta salidas hacia áreas del lóbulo frontal que están implicadas en el control de movimientos del ojo. Hoy se considera que la percepción del movimiento depende de la actividad distribuida en muchas áreas del cerebro. De hecho, las proyecciones de vuelta, de MT a V1, se consideran muy importantes para la toma de conciencia del movimiento (Sekuler et al., 2002).

Y el área MT (fig. 9) no es el punto final del análisis del movimiento, principalmente por dos razones (Snowden & Freeman, 2004). La primera es por el problema de la apertura, del cual hablamos más arriba. Las células detectoras de MT tienen aún unos campos receptivos que no solucionan este problema. Las soluciones a esta cuestión, nos llevan a la

segunda razón: la información del movimiento debe integrar a estos detectores para revelar los movimientos reales que percibimos en el mundo. Nos movemos en un mundo en tres dimensiones y hay que solucionar cómo se combinan esas complejas experiencias. Los grandes patrones de movimiento como esos se llaman flujo óptico, que podemos definir como el movimiento aparente de los objetos desde el punto de vista del observador. Jerome James Gibson, psicólogo norteamericano, fue uno de los primeros en estudiar sistemáticamente ese concepto. Este término se suele referenciar con su obra *The Perception of the Visual World* (Gibson, 1950). Aquí aparecen los conceptos de gradiente y patrones visuales con respecto a tierra (fig. 10) que han sido utilizados hasta la saciedad para discutir este nivel de integración visual, ilustrar los manuales de percepción y explicar los sistemas complejos de visión artificial.

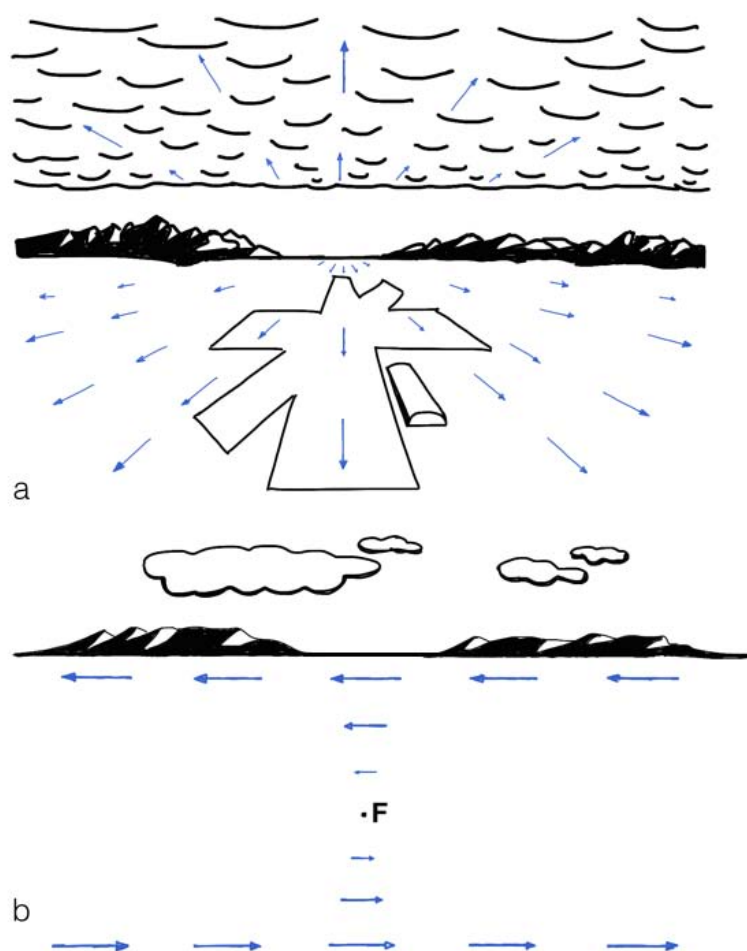


Figura 10. Flujos ópticos. a. Conocida ilustración de Gibson, desde un avión con las nubes actuando como techo. El flujo de las nubes será inverso al del suelo: campos con gradientes invertidos en una superficie invertida. Cada flecha representa la dirección de movimiento en cada pequeña porción de imagen. Los puntos lejanos van despacio, los cercanos más deprisa. b. Menos conocido esquema del flujo óptico cuando miramos a la derecha y hacemos foco en un punto desde la ventanilla de un tren, por ejemplo. Si vamos fijando la mirada con sacadas de persecución, en un punto de fijación (F), el flujo, en esos momentos, será cero, como habremos hecho durante algún viaje en tren. Disfrútese con la inversión de los flujos ópticos arriba y debajo de donde miremos. Fuente: dibujos del autor adaptados de Gibson, 1950.

Sin embargo, el término flujo óptico (*optical flow*) que se comenzó a estudiar por Gibson, entre otros, a partir de los problemas perceptivos de los aviadores en la II Guerra Mundial, no aparece explícitamente hasta escritos suyos posteriores, a partir de 1955, y ya en las nuevas ediciones de otro libro suyo que inaugura la psicología ecológica, *The ecological approach to visual perception* (Gibson, 1986). Se ha sugerido que el concepto de flujo óptico cobra sentido en aquellas ocasiones en que la persona se mueve a través del entorno, incluyendo desplazamientos en coche, en tren o en avión (fig. 10), por ejemplo. Este flujo más general, debería detectarse por células sensitivas a estos patrones. Ya hemos comentado que las células de MT no pueden apreciarlo, pero junto a esta área, hay otra, temporal medial superior (MST), que sí parece ser sensible a movimientos expansivos, desiguales según perspectiva, rotacionales o deformaciones (Snowden & Freeman, 2004).

El camino que lleva en MST a integrar los flujos ópticos por la vía dorsal es algo que funciona automáticamente. Vemos, pues, que no hay un único camino para la visión. La conciencia de ver, según Milner y Goodale, sólo puede provenir del sistema ventral de reconocimiento. El sistema dorsal tiene una alta exigencia de precisión, orientado a la navegación por el entorno y la percepción del movimiento, pero sus procesos no suelen ser accesibles a la conciencia (Milner & Goodale, 2006). El sistema ventral, en cambio, escapa del presente y reconstruye información del pasado. Pero todo se interconecta adelante y atrás y hacia las zonas superiores del córtex prefrontal, en última instancia, cuando ha entrado en juego la memoria.

Los investigadores esperaban que la zona MT explicaría la percepción del movimiento. No es así del todo. MT extiende el rango de detección y percibe el movimiento por sí misma, pero el cálculo del movimiento también ocurre en V1, aunque luego se integre en MT (Born & Bradley, 2005). Otras áreas, como sulcus temporal superior (STS), se ha descubierto que están especializadas en la percepción del movimiento biológico, fundamental en vertebrados depredadores o presas o animales sociales, como nosotros. En este sentido, cabe decir algo más de la intrincada interconexión de las redes que interesan a la visión. Con el descubrimiento de Rizzolatti, Fogassi y Gallese de la Universidad de Parma, en 1986, del llamado sistema de neuronas espejo (MNS), se observó la conexión de este sistema con las vías ventrales visuales y las dorsales, vinculado también a la empatía y el aprendizaje. Es bien conocido que el descubrimiento fue serendípico. Mientras grababan acciones motoras de un macaco para conocer el funcionamiento de la mano y el cerebro al agarrar cosas, un ayudante

agarró un plátano para comérselo. Las neuronas del macaco se dispararon. No sólo se activaban las neuronas cuando agarraba un plátano, sino que también se activaban cuando el macaco veía que lo hacían (Cattaneo & Rizzolatti, 2009; Rizzolatti, Fadiga, Gallese, & Fogassi, 1996; Giacomo Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001). En el año 2004 se detectaron y, en el 2010, se encontraron inequívocamente en humanos (Wheeler, 2010). Aparte de las reflexiones filosóficas sobre papel de las neuronas espejo en la evolución humana y la empatía (Ramachandran & Oberman, 2006; Ramachandran, 2000), no cabe duda de la conexión que se establece visualmente entre las vías de la visión: representar perceptivamente las actividades de otros al tiempo de percibir las relaciones espaciales en una escena. Volveremos sobre el sistema de neuronas espejo (MNS), pues en nuestra investigación buscaremos su activación diferencial durante la percepción de audiovisuales.

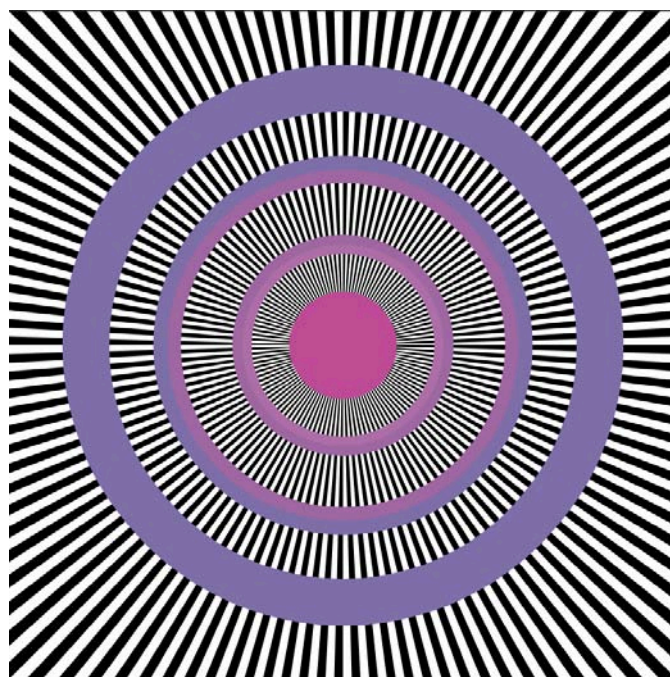


Figura 11. *Enigma*. Cuadro del artista francés pop Isia Leviant (1982). Muchas personas pueden ver movimientos en los anillos y/o como todo el sistema de círculos y diagonales se mueve. Las personas jóvenes parecen advertirlo con más dificultad. Leviant dice que los anillos simbolizan el cielo alrededor de un sol naciente. Lo pintó para una exposición itinerante que organizó *Asabi Shimbun*, un periódico japonés con una tirada de seis millones de ejemplares. Fuente: Leviant, 1982; Leviant, 1993; Bach, 2004.

Ahora debemos regresar al movimiento aparente más extremo. Las ilusiones visuales hemos visto que son una fuente de investigación muy valiosa sobre la percepción del movimiento. Un caso extremo sería cuando nada se mueve, tenemos una única imagen y, sin embargo, percibimos movimiento. Por ejemplo, en el cuadro de Isia Leviant, *Enigma* (fig. 11).

Muchas personas, no todas, dicen ver movimiento en el interior de los círculos magentas y violetas de *Enigma*. Luego –y hay muchas demostraciones y ejemplos–, se puede obtener movimiento como percepción donde no lo hay. Se ha encontrado que la zona MT se activa cuando se mira *Enigma*, pero no así la zona V1 (Zeki, 2004). Esto es muy interesante en cuanto a MT como integradora de movimiento parcial pero ¿MT se activa porque se provoca un movimiento ilusorio o vemos una ilusión de movimiento porque MT está activa? Se ha considerado que *Enigma* activa los mismos mecanismos que la visión real (Gori, Hamburger, & Spillmann, 2006) y que activaría el córtex directamente. Otros, como el equipo de Susana Martínez-Conde opinan que la reacción de movimiento ilusorio implica también las microsacadas oculares en un proceso de adaptación y niegan que solamente sea cortical, tendría una componente retinal (Troncoso, Macknik, Otero-Millan, & Martínez-Conde, 2008). Parece que, aunque las microsacadas puedan tener un papel en la creación de la ilusión, recientes investigaciones con estimulación magnética transcraneal (TMS), demuestran que MT tiene un papel fundamental en la percepción de la ilusión *Enigma* (Gori & Stubbs, 2014).

Por último, con lo que sabemos, nos podemos preguntar cuan rápidos son estos procesos de la visión para llegar a la conciencia. Ya vimos los tiempos necesarios para la discriminación del fenómeno Beta y el fenómeno Phi. Por debajo ampliamente de los 70 milisegundos ¿Y una percepción visual consciente más compleja? Una manera de responder a esto es midiendo los tiempos de reacción. Podemos proyectar un estímulo en una pantalla y hacer que los sujetos pulsen un botón en cuanto lo vean o discriminen un estímulo de otro. El problema de esto es que no se incluye sólo el tiempo de reconocimiento de imagen, sino también el tiempo de generar actividad motora y mover los músculos de la mano (Koch, 2005). Pero podemos hacer el experimento anterior midiendo con EEG los potenciales evocados (ERP) visualmente. Simon Thorpe, Denis Fize y Catherine Marlot en el Centro de Investigaciones Cerebrales y Cognitivas de Toulouse, en Francia, lo hicieron. Presentaron fotografías de animales en la selva y fotografías de la selva sin animales (Thorpe, Fize, & Marlot, 1996). Las señales electroencefalográficas eran iguales cuando se presentaba una u otra fotografía, pero a los 150 milisegundos empezaban a diferenciarse en función de la presencia del animal o no. Algún proceso cerebral temprano ya había decodificado la información. Se estima que desde la retina a la entrada magnocelular de V1, la vía rápida orientada a la acción, la señal llega en 35 milisegundos. Quedan apenas 115 milisegundos para activar la red ventral, de identificación, e ir más allá, hacia la zona prefrontal y extraer información. No sobra tiempo: el tiempo de reacción de una neurona al input sináptico, aunque variable, es de 5-10

milisegundos (Byrne, 2003), eso sí, masivamente en paralelo. Que el cerebro deduzca esta información, no quiere decir que sea consciente. Se puede tardar más en decidir, al menos un cuarto de segundo, 250 milisegundos, para poder decir que “vemos” algo y el qué conscientemente. La percepción va por detrás de la realidad, evidentemente.

Ya hemos visto que la percepción del movimiento se hace discontinuamente y por etapas. Christof Koch propone que la percepción tiene lugar en periodos discretos, momentos o instantáneas perceptuales. En esos momentos, luz, color, movimiento, serían constantes. Esas fotos en movimiento durarían entre 20 y 200 milisegundos (Koch, 2005). La alta variación de estas percepciones sucesivas, nos llevarían al concepto de “duración prolongada”, como la percepción de paso de tiempo más lento que aparece en vivencias de accidentes, o la percepción subjetiva de “paso del tiempo”, muy interesante, pero que dejaremos fuera de nuestras disquisiciones aquí. Dentro de esos momentos, todo parecería constante. Si dos hechos se produjesen en dos “instantáneas en movimiento” sucesivas, se experimentaría como que tienen lugar uno después de otro, integrándose en una única percepción constante, con un cierto parecido a la frecuencia crítica a la que se manifestaba el fenómeno Beta. Apoyando esta idea, numerosos estudios sobre la atención que prestamos a la realidad, han observado que resolvemos muchos problemas perceptivos mediante un muestreo de los estímulos presentados, esto es, la atención se basaría en un proceso periódico discontinuo (Busch & VanRullen, 2010; VanRullen, 2007). Analizaríamos el mundo con una cadencia de siete veces por segundo aproximadamente, cerca de los 150 milisegundos necesarios para procesar un fragmento de realidad con la visión.

En las investigaciones desarrolladas en esta tesis doctoral, no podremos localizar la pequeña zona MT por la limitada resolución espacial y en profundidad del EEG, la técnica de elección en nuestros experimentos de visionado audiovisual. Sí podremos valorar la carga visual de las zonas frontales, parieto-occipitales o temporales. La zona MT y MTS sí se localizan hoy rutinariamente en el ser humano vivo con equipos de resonancia magnética funcional, fMRI (Annese, Gazzaniga, & Toga, 2005; Culham et al., 2001; Dukelow et al., 2001; Pitzalis et al., 2010).

3.4.2.3. Cómo vemos el cine

“We don’t take out our cell phones and call the police when we witness a murder in a movie”
Noël Carroll & William P. Seeley, 2013

Teniendo presente la anterior sección y recordando que las películas son una sucesión de imágenes fijas, ya miremos una pantalla de proyección, o la pequeña pantalla de un teléfono móvil, tendremos que ver ahora cómo creemos que se ve el movimiento en el cine. La mayoría de estudiosos del cine del siglo XX, como hemos visto, usaron la idea de la persistencia de la visión para explicar cómo funcionan las películas. Algo persiste cuando miramos brevemente una imagen. Nuestra memoria de trabajo es capaz de retener detalles y visiones que se desvanecen rápidamente. Pero estas imágenes retenidas, persistidas si queremos, no son imágenes en movimiento. Hemos visto como Beta y Phi no son la explicación de cómo vemos el cine, se confunden efectos con causas, pero sí ponen de manifiesto la existencia de movimiento aparente en procesos cerebrales. Pero, como vimos en el apartado anterior, puede haber movimiento sin que cambien las imágenes, puede percibirse movimiento a partir, incluso, de una única imagen fija, como el caso de *Enigma* (fig. 11).

Ilusiones estroboscópicas y realidad discontinua

Las investigaciones sobre las ilusiones de movimiento son muy fructíferas para aclarar las bases de la percepción del movimiento. Recordemos ahora también, las conclusiones del apartado anterior sobre la captación de la realidad visual de manera discontinua. Dale Purves, conocido por su teoría empírica de la visión (Purves & Lotto, 2003), desde la Universidad de Duke, en Estados Unidos, se enfrentó a la ilusión de las ruedas de carro (*wagon wheel illusion*), el conocido efecto estroboscópico que hemos encontrado cuando analizábamos los errores de la persistencia retiniana. En las películas, es común ver ese efecto cuando los radios de las ruedas de la diligencia, en los *westerns*, parecen ir hacia atrás. Purves reconstruyó una rueda de diligencia y comenzó a analizar, elegante y sistemáticamente, todos los curiosos efectos que fue encontrando en función de la frecuencia de giro y la iluminación (Purves, Paydarfar, & Andrews, 1996). En las películas, el fenómeno se explica por la discrepancia entre la cadencia de filmación de los fotogramas y la velocidad de giro de las ruedas. Pero en la vida real, también podemos ver ese efecto. Dale Purves, Joseph Paydarfar y Timothy Andrews investigaron si había diferencias entre observar el efecto *wagon wheel* en las películas y verlo en

la realidad, utilizando una luz estroboscópica para simular el cine y una luz continua para reproducir la ilusión en la realidad. Purves, primero, se aseguró de que el mismo efecto se podía conseguir en imagen real, después polarizó y alteró la vista de los observadores del fenómeno y desechó que los movimientos de los ojos tuviesen algo que ver. Posteriormente, modificó la geometría de la rueda y los radios para asegurarse que no influyeran decisivamente en la percepción, hasta hacer un tambor que reproducía la ilusión linealmente. Vio que la sensación de movimiento hacia atrás se producía entre 2 Hz y aguantaba hasta los 20 Hz. Construyó una serie de tambores pequeños para ver si se reproducía el efecto del grande. Era así. A pesar de la diferente velocidad angular, llegó a la conclusión de que era la frecuencia de presentación de los radios y no la velocidad lineal o el tamaño del tambor, lo que determinaba la apreciación de movimiento hacia atrás. Constataron una serie de diferencias en el comportamiento del efecto, entre la realidad con iluminación continua y el efecto estroboscópico cinematográfico. La detención aparente del movimiento de los radios que se daba en el entorno estroboscópico, no se daba en la realidad. Además la rotación hacia atrás parecía ser más rápida en la realidad, se advertían saltos compatibles con el movimiento aparente en la versión estroboscópica y, por último, en esta última versión, la cinematográfica, el efecto de ir hacia atrás se mantenía estable. En la realidad, en cambio, a veces se percibía hacia atrás, otras veces cambiaba hacia delante. Aun así, ambos entornos de observación debían tener algo en común que permitiese la contemplación del fenómeno. ¿Qué podía ser? La iluminación estroboscópica, el cine y el video presentan una captación en discontinuidades, fotogramas o *frames*, que parecen fundamentales para la explicación del efecto. Si el sistema visual procesara la información discontinuamente, como vimos más arriba, se explicaría cómo podemos ver este efecto en la vida real. Recordemos las sacadas y las fijaciones de nuestra mirada. Esta ilusión que analizaban, también sugería que el sistema visual humano procesa episodios secuenciales y no un flujo temporal continuo. Dejemos la conclusión a Dale Purves:

“...a strategy of vision that parses the world in this way can explain why movies are so realistic (simply because that is the way we normally see things) and how we detect motion (by comparing the position of the same objects in sequential episodes)” (Purves et al., 1996, pp. 3697).

El realismo de las películas es así porque es como normalmente vemos todo en la realidad. El cine y el video son inventos maravillosos que se aproximan a cómo vemos el mundo. Si ahora regresamos un momento a las investigaciones que dieron el premio Nobel a

Hubel y Wiesel, a los detectores y los modelos espacio-temporales de energía de movimiento, veremos que la explicación de Purves es coherente con lo que ya sabemos.

Detectores y movimiento aparente

Hubel y Wiesel (1962, 1969; 1995/2000), desde la investigación neurofisiológica, encontraron que la mayoría de las células nerviosas en la zona V1 respondían a formas alargadas, como bordes o barras, y tenían su propia preferencia para orientaciones concretas. Esta preferencia se correspondía con la forma de su campo detector, que produce un patrón de excitación positiva o negativa según se excitan determinadas porciones de ese campo receptivo. Desde el campo psicofisiológico se ha trabajado mucho en la elaboración de modelos que respondan a este comportamiento en la teoría y en la práctica. Edward Adelson, desde el Massachusetts Institute of Technology, uno de los creadores del concepto de energía de movimiento y los modelos espacio-temporales (Adelson & Bergen, 1985; Liu, Freeman, & Adelson, 2007; Movshon, Adelson, Gizzi, & Newsome, 1985; Weiss, Simoncelli, & Adelson, 2002), reflexiona sobre la convergencia de resultados y predicciones sobre la percepción del movimiento en el comportamiento de los modelos teóricos espacio-temporales y los resultados neurofisiológicos conocidos en torno a estos campos detectores. Ambas disciplinas reflejarían, recordemos, la existencia de dos etapas en el procesamiento del movimiento en la visión humana. La primera etapa analizaría el movimiento de formas en una dimensión y sería responsable de detectar patrones y bordes sencillos en movimiento. La segunda etapa se ocuparía de resolver el movimiento de patrones o formas más complejas, y en más dimensiones, basándose en la información de la primera etapa. Estas dos etapas parecen tener su correspondencia con los descubrimientos neurocientíficos sobre las propiedades de las neuronas selectivas a un componente de dirección en la zona V1 y algunas de MT, que corresponderían a la primera etapa y patrones con formas más complejas que se integrarían solo en MT y que corresponderían a la segunda etapa (Movshon et al., 1985). Ya hemos visto que esto no es tan sencillo y que a principios del siglo XXI, se relativizó la importancia de MT, apareció la zona MTS y otras teorías para la integración de movimientos complejos de flujo óptico (Born & Bradley, 2005). Aunque el esquema inicial, el funcionamiento de los detectores y los modelos espacio-temporales de frecuencia, siguen siendo válidos y fundamentales en los actuales modelos de la percepción del movimiento.

Podemos ver una caricatura del modelo estos detectores en la figura 12 (a partir de Adelson & Bergen, 1985; Adelson, 1991). Cada lado del detector tendrá una zona susceptible de inhibición (“-”) y otra de excitación (“+”). Este tipo de detector respondería bien a patrones con bordes verticales en a y b, y estímulos diagonales en c y d.

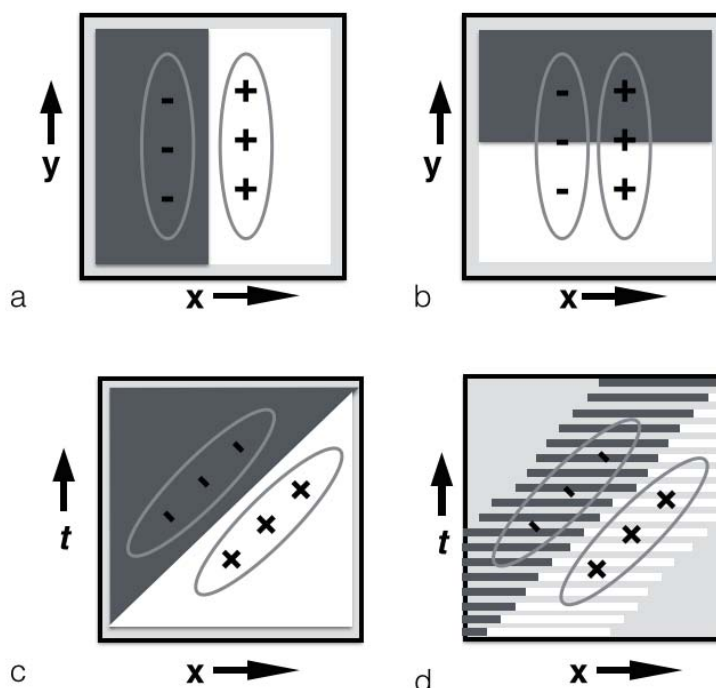


Figura 12. Esquemas simplificados de modelos de campos detectores de movimiento espacio-temporales. Más explicación en el texto. a. Un borde vertical coincide con los campos excitatorios y se produce una respuesta fuerte. Un estímulo horizontal provoca una respuesta que se anula. En la figuras c y d, se añade la dimensión temporal (t) en la presentación del estímulo y se muestran campos sensibles a contornos inclinados. En el campo mostrado en d, se presenta un estímulo discontinuo, como los fotogramas de una película. La respuesta es igualmente fuerte, igual que en c. La complejidad de los nuevos modelos espacio-temporales es muy alta y no vamos a entrar aquí. Para una buena introducción a los *plaids* y modelos de burbujas véase Bowns, 2002. Fuente: dibujo del autor, modificado de Adelson & Bergen, 1985; Adelson, 1991.

En la figura 12a, vemos un detector de este tipo, donde las zonas de oscuridad (parte oscura) y claridad (parte blanca) de un estímulo se alinean con el detector, provocando una fuerte respuesta de su campo receptivo. En la figura 12b, en cambio, se ve que la respuesta de este detector será muy pobre a un estímulo horizontal, perpendicular a los campos receptivos, anulándose entre las zonas receptivas. Ahora debemos añadir otra dimensión a nuestros detectores. En la figura 12c y 12d, los campos perceptivos responden a bordes inclinados. Pero en lugar de colocar en el espacio los detectores, advirtamos que en el eje de coordenadas de ordenada, la variable ahora presente es el tiempo (t). Estas neuronas teóricas tienen un campo receptivo espacio-temporal que responde a bordes inclinados, moviéndose en una determinada dirección y a una determinada velocidad. El modelo de la figura 12d (Adelson & Bergen, 1985), presenta un estímulo luminoso discontinuo, como el que podríamos tener en

los fotogramas del cine a lo largo del tiempo. En este modelo espacio-temporal, la neurona respondería bien a estímulos continuos y discontinuos. Los fisiólogos buscaron este tipo de neuronas y se comportan como dice el modelo. Efectivamente, en el córtex visual de gatos se encontraron células en 1989, tal como predecían Adelson y Bergen en 1985, que respondían a estímulos alternativos discontinuos. Excitadas discontinuamente por la luz, no daban un mosaico alternante, sino un contorno firme orientado en el espacio-tiempo (Hamilton, Albrecht, & Geisler, 1989). En el modelo, sólo si el estímulo fluctuaba y su frecuencia era desigual o disminuía mucho –por ejemplo cambia la frecuencia de fotogramas o el *frame rate*– se producían saltos en la forma, como cuando vemos una película a pocos fotogramas por segundo. El modelo respondía también correctamente al fenómeno Phi (Adelson & Bergen, 1985). Para conseguir una señal estable del mundo, el sistema debe interpolar los vacíos de señal. Esa interpolación se intuyó tempranamente que buscaba la continuidad del espacio visual (Fahle & Poggio, 1981). Ya sea para los momentos en que no llega señal del ojo, en las sacadas, al rellenar el punto ciego, al parpadear o al ver una película.

Fotogramas y *frames*

Pero, ¿no había movimiento aparente y movimiento real? Recordemos a Watson, desde el centro AMES de la NASA, y sus investigaciones sobre pantallas. Y ¿qué pasa con las pantallas, donde vemos movimientos a partir de imágenes fijas? Hay que añadir más cuidadosamente la dimensión de frecuencia temporal en la presentación de estímulos a los detectores.

En el cine y en la televisión digital las imágenes se muestrean en tres dimensiones, dos espaciales y el tiempo. Si la frecuencia de presentación de fotogramas o *frames* es muy baja, veremos cosas extrañas. Las células de la zona MT no registrarán bien el movimiento, pero otras partes de la corteza visual sí detectarán el cambio de posición. Para que esto pase o no, entre otros muchos factores, dependemos de lo rápido que se mueva el objeto frente a nosotros y del movimiento de nuestros ojos (Noland, 2014). Y si estamos frente a una pantalla, dependeremos del contraste entre luz y oscuridad (codificación *gamma*), cuánto tiempo y cómo presenta el *frame* la pantalla (frecuencia de refresco, entrelazado o progresivo, etc.), lo grande que sea el objeto moviéndose y el tamaño de la pantalla, por ejemplo. Aún así, se ha considerado durante mucho tiempo que 24 fotogramas por segundo es una frecuencia

aceptable para percibir el movimiento cinematográfico. Las películas antiguas, que muy poca gente ha visto hoy en las condiciones originales, ya sea porque en las copias que tenemos se han repetido y añadido fotogramas (para que no “salten” con los originales 16 fotogramas por segundo), ya sea por proyectarlas aceleradamente, parpadeaban. Esto no tiene que ver con la frecuencia de fotogramas directamente, tiene que ver con el brillo y la frecuencia crítica de fusión (*critical flicker fusion rate*) que comentaba Yves Gallifret al desechar, una vez más, la persistencia retiniana como explicación (Galifret, 2006). La frecuencia crítica de fusión es la frecuencia a la que un pulso de luz se funde para percibir una luz continua (en el sistema visual también actúa la ley de Bloch, que establece como constante relación matemática de tiempo de exposición e intensidad de la luz necesaria para que se activen los foto-receptores). Cuando un tubo fluorescente envejece, o se estropea su cebador, baja su frecuencia de pulsación y crea ese molesto parpadeo que habremos sufrido alguna vez. En el cine, en condiciones normales, la frecuencia estable suele estar en torno a los 50 Hz. ¿Tendríamos que enseñar los fotogramas por encima de esa frecuencia? No, porque el límite para percibir movimiento es más bajo (Zacks, 2015). En el cine se solucionó la amenaza del parpadeo (*flicker*) con el obturador que exponía dos o tres veces el fotograma y lo detenía en el proyector, en televisión con el entrelazado de líneas pares e impares y aumentando la frecuencia de presentación en progresivo, como en las pantallas modernas de ordenadores. Pero estos trucos que usamos hoy para evitar la vibración (*judder*) no son, en realidad deseables. Como dice Alan Roberts del departamento de Research and Development de la BBC:

“For any moving image content shown twice, one showing must be at the wrong time, or in the wrong place” (Roberts, 2002, pp. 7).

Esto nos lleva a pensar que un aumento de frecuencia de fotogramas o *frames* aproximaría y mejoraría la experiencia de visión del movimiento, aproximándonos a cómo vemos en la realidad. Además, en el cine y el video, hay movimientos muy rápidos se ven borrosos. Si no subimos de 24 fotogramas o 25 o 30 *frames* habitualmente, es un problema técnico o de costes. Yosiro Kuroki, de SONY Corporation, buscó la frecuencia de fotogramas o *frames* en que la percepción del movimiento fuese tan buena como en la realidad. SONY construyó el equipamiento y comparó, incluso, el movimiento real y el movimiento en la pantalla, moviendo físicamente la pantalla mientras funcionaba. Probaron desde 60 fps (*frames* por segundo) a 480 fps. Para cine, 240 fps sería una frecuencia ideal, por ser múltiplo de 24 y 60 y sus resultados son un compromiso próximo a la percepción del movimiento real,

acompañado de la definición de imagen adecuada (Kuroki, 2010). La EBU (European Broadcasting Union) y la ITU (International Telecommunication Union) llegan a conclusiones semejantes, reconociendo que para la UHD (Ultra Alta Definición) ya sea UHD1: 3840 x 2160 píxeles de definición, también llamado 4K, 2160p o UHD2: 7680 x 4320, también llamado 8K, 4320p, la frecuencia de *frames* de la HD (Alta Definición) actual no es suficiente, hay que pasar a 120 fps y más. Ahora bien, si buscamos una reproducción del movimiento que percibimos de la realidad, hay que tener en cuenta los movimientos del ojo. La frecuencia de *frames* para prevenir defectos en los contornos y proyectar sin pérdida de detalle o borrosidad, tanto los objetos que siguiésemos libremente con la mirada, como los estáticos, la frecuencia debería ser de 700 fps (Noland, 2014).

Que el movimiento sea continuo en la realidad, no significa que lo procesemos así. El proceso visual toma un tiempo y va por detrás de los estímulos del mundo, en la realidad y las películas. Para coger una pelota que nos lancen, tenemos que anular ese retraso mediante la memoria, la predicción y la anticipación, como propugna la teoría MPF (Hawkins & Blakeslee, 2004) antes citada, y debemos usar un reloj mental (Koch, 2005), que ponga velocidad al pasado y se use para predecir el presente y el futuro (Watson & Ahumada, 1985).

En las películas y los videos, si las imágenes se presentan lo suficientemente rápido, el resultado será indistinguible del movimiento continuo. Watson cree, con Adelson, que esto es una consecuencia de las acciones de filtrado espacial y temporal del sistema visual y no hay diferencias en ese sistema entre un movimiento u otro:

“The stimulus for apparent motion may be regarded as a sampled version of a corresponding continuous motion” (Watson & Ahumada, 1985, pp. 324).

Y por último, Watson recuerda las ilusiones a las que nos enfrentamos:

“Occasionally, motion is sensed in stimuli that do not contain motion, in which case we speak of apparent motion. An alternative and we believe correct view is that movement is not a physical property of the stimulus. Like beauty and color, movement is not a physical property of the stimulus. Like beauty and color, motion is in the eye of the beholder. Images do not move but rather change in many and various ways. Some of these changes give rise to an impression of movement. In short, all movement is apparent” (Watson & Ahumada, 1985, pp. 322).

En resumen, todo movimiento es aparente. Podemos explicar por qué se mueven las películas. Las películas excitan células que responden a cambios de contorno, igual que en la visión de los movimientos reales. El sistema visual no necesita fundir entre dos fotogramas porque en su representación del movimiento no se construye una imagen de movimiento comparando objetos en imágenes fundidas (Zacks, 2015). El sistema responde directamente a cambios locales en contornos. Si esos detectores se excitan suficientemente, se mueva el objeto o no, el movimiento parecerá real.

El cine y la realidad

El cine, entre la ilusiones visuales y la realidad, es un caso concreto, en dos dimensiones por ahora, y más limitado técnica, pero no narrativamente, de cómo vemos en el mundo real. Un día, no muy lejano, las imágenes artificiales de esta época de la reproducción – el cine, el video, u otra cosa aún sin nombre–, tendrán la misma cadencia y una calidad semejante a nuestra mirada, aunque el mapa no sea el territorio, ni el mundo. Como recuerda Santos Zunzunegui, “...esas nuevas imágenes mañana quizá formen parte de nuestro entorno cultural al mismo título que esas otras que hasta hoy nos han hablado sin que nosotros hayamos podido responderlas” (Zunzunegui, 1989, pp. 405).

El cine, literalmente, es un simulacro del mundo que vemos con nuestros ojos. Recapitulando el capítulo sobre movimiento real y aparente:

- *Películas y realidad se ven igual, a través de procesos discontinuos*
- *La detección de movimiento usa los mismos detectores de contornos en el cine y la vida*
- *El sistema de la visión está diseñado para rellenar (fills in) los vacíos perceptivos*
- *Para nuestro sistema de visión, todo movimiento es, en realidad, aparente.*

Entonces, vemos el cine como vemos la realidad. Es un problema de umbral para percibir un movimiento llamado aparente o generado artificialmente. También las dos dimensiones y el marco de la pantalla aportan constricciones que nos alejan del mundo cotidiano y la otra realidad “más” real. Si entendemos cómo percibimos el movimiento en la realidad, y aún nos falta un poco, entenderemos esa experiencia fotograma a fotograma, o

frame a frame, que tenemos cuando miramos una pantalla. Por eso el problema es tan formidable. No se trata de explicar cómo funciona un proyector o una pantalla, se trata de comprender cómo vemos en el mundo real. Y aún queda mucho por explicar. Usamos, para soñar y entretenernos con el cine y los audiovisuales, el mismo equipamiento que la evolución nos ha facilitado para la supervivencia.

Una de las muchas cuestiones que quedan pendientes es si el visionado de los audiovisuales provoca un mayor trabajo perceptivo a nuestros cerebros, por trabajar fotograma a fotograma en rangos más críticos. También puede ser que una mayor carga cognitiva sea necesaria para y por la codificación de discontinuidades narrativas, montaje analítico, cambios de escenas o cambios de plano. Nuestra investigación, comparando estilos de montaje y la realidad, profesionales y legos, trata de arrojar algo de luz sobre esto.

3.4.3. Patrones fílmicos atencionales

“Only a handful of exceptional men and women have been content to spend their working lives exercising their rare talents in the relative obscurity of the cutter’s cubicle”

Edward Dmytryk, 1984

Las fragmentaciones narrativas del cine se plasman en el montaje. En la investigación que acometemos, vamos a utilizar tres tipos de montaje audiovisual para ver las diferencias perceptivas entre ellos y con la imagen real, si hay una diferencia en la frecuencia o inhibición del parpadeo, si suponen un trabajo cerebral adicional y si hay diferencia entre la atención visual de profesionales de la imagen y legos en su percepción. Así pues, debemos caracterizar como variable independiente de nuestra investigación, y desde la evolución del cine de los orígenes y su evolución durante el siglo XX y hasta la actualidad, los tipos de montaje que emplearemos como estímulos en nuestros experimentos. Presentaremos una edición sin discontinuidad, en plano secuencia y a la altura de los ojos del observador, de una serie de acciones que se repetirán en una acción teatral real. También presentaremos dos ediciones adicionales, una con montaje clásico, respetando las reglas de continuidad narrativa establecidas clásicamente, generalmente conocidas por *Hollywood style* y otra edición con las mismas acciones y duración que las anteriores, pero con discontinuidades narrativas, con más cambios de planos y saltos perceptuales, de *raccord* y cambios de angulación y posición, que respondería a un estilo postmoderno o Post-Clásico, también llamado *MTV style*. En posteriores secciones, trataremos las peculiaridades y lo que se sabe de los efectos e idiosincrasias de los cambios de plano narrativamente, en su discurso paralelo a la aprehensión de la realidad y las imágenes de los eventos del mundo.

Aquí no vamos a tratar las innumerables ideas y fructíferas reflexiones que se han desarrollado en torno al montaje, que sería objeto de otro estudio. Sí hay que comentar la existencia de 2 grandes fuentes:

a. Una sería la vertiente práctica de recetas reflexivas sobre el montaje y la continuidad narrativa. Desde la práctica sincrónica temporalmente, del montaje profesional y el fenómeno del cine, numerosos directores o montadores han vertido sus experiencias o reflexiones como recetas o constataciones inteligentes para conseguir ritmo, coherencia, agilidad, y, casi siempre, que los cambios de plano pasen inadvertidos al espectador, al que se supone participe en un fenómeno de inmersión a otra realidad o a la ilusión de las películas. Como ejemplo, recordemos algunos de los útiles consejos del director Edward Dmytryk en su libro *On Film Editing*, que ayudan a la comprensión de nuestros productos audiovisuales (Dmytryk, 1984):

- Nunca cortes un plano sin una razón.
- Cuando sea posible, corta en movimiento interno de los actores.
- En caso de duda, corta más largo que corto para que se entienda.
- Lo novedoso ayuda a mantener la atención.
- Todas las secuencias deben comenzar y terminar con acciones.
- Corta suave y, si no puedes, que tenga sentido.
- Primero, el contenido, después, la estética.

Dmytryk, incidentalmente, recoge el fenómeno del parpadeo, objeto de parte de nuestra investigación, como una señal de distracción con la que hay que contar ante ruidos agudos y puntuación narrativa o cuando hay grandes cambios de escena (Dmytryk, 1984). Este director es muy claro y comienza con la organización básica y la estructura mecánica de un film: la película se divide en secuencias, dentro, hay escenas y cada una se desarrolla en la misma localización; las escenas constan de cortes de planos (*cuts*), que son piezas individuales. Luego desgana ejemplos prácticos para cineastas. El libro del montador cinematográfico Walter Murch (1995), *In the Blink of an Eye*, sería otro ejemplo de atentos consejos y perspicacia cinematográfica, que trataremos especialmente después, por su conexión más directa con el fenómeno del parpadeo y nuestra investigación. Otro caso de manual clásico e influyente en multitud de cineastas y que incluye desgloses de fotogramas de diversos géneros, sería *The Technique of Film Editing*, del director de cine Karel Reisz (Reisz & Millar, 1971). Originalmente publicado en 1953, con una reedición en español de 1968, con la que me formé yo como realizador, vivió su máximo éxito en la edición ampliada y revisada de 1971 y ha llegado a más de 15 reediciones y nueva revisión en 2010. Reisz, apoyándose en Ernest Lindgren, conservador de cine y escritor británico, recuerda cómo el corte cinematográfico es

lo más adecuado psicológicamente para transferir la atención de un punto a otro (Reisz & Millar, 1971). Efectivamente, vimos en la sección del cine como simulacro de realidad, la proximidad organizativa de las escenas cinematográficas con el mundo, y cómo esta estructura de escenas sucesivas narrativas, organizan nuestras percepciones (Magliano & Zacks, 2011; Zacks, Speer, Swallow, & Maley, 2010). Por otro lado, Reisz brinda más consejos prácticos que, al igual que Dmytryk, buscan un montaje discreto y escondido sobre sus propios mecanismos:

- El espectador espera que se le enseñe qué ofrece de nuevo un plano.
- El corte no debe ser en mitad de un movimiento, sino cuando está empezando o acabando, o haciendo el gesto.
- Los planos que no respetan el eje son difíciles de comprender.
- De un corte a otro, el cambio de angulación debe ser lo suficientemente grande, si es pequeño, salta.

b. Por otro lado, hay una inmensa producción teórica sobre el montaje, tanto por cineastas como estudiosos del cine, que sumerge al cine y sus manifestaciones en el seno de grandes enfoques o teorías del cine y la imagen. En cuanto se vieron sus posibilidades, el montaje se convirtió en la técnica más debatida (Bordwell & Thompson, 1995).

La primera distinción, generadora de incontables teorías, análisis y películas sorprendentes, es la constatación del montaje cinematográfico como generador de nuevas conexiones, ideas y contenidos por el hecho de unir dos planos que analítica, metafórica o creativamente dan lugar a un contenido que no estaba en los dos planos por separado. Este resultado sorprendente muestra los mecanismos que organizan nuestra memoria. No usaremos este recurso en nuestros experimentos, pero su importancia requiere de más estudios multidisciplinarios todavía. Se suele adscribir en sus orígenes a la escuela soviética de cine. Los seminales experimentos de Kulechov (1974), Pudovkin y, especialmente, la obra fílmica y escrita de Eisenstein (1991), como exponente del montaje analítico, metafórico y el conflicto visual. El montaje como escuela creadora en Rusia, también tiene el movimiento del cine-ojo con el cineasta y activista Dziga Vértov y su esposa, la montadora Yelizabeta Svilova, que, con la obra documental de la directora y montadora Esfir Shub, por ejemplo, proyectan una influencia que se rastrea por toda Europa. Llegan hasta los experimentos de Cavalcanti o

Jean Vigo (Barnouw, 2002), trabajando este último con el hermano de Vertov, Boris Káufman, que luego inició su increíble periplo mundial a través del documental y la ficción hasta su Oscar a la mejor fotografía por *On the waterfront* (Kazan, 1954).

Los estudiosos del cine han creado numerosos cuerpos teóricos importantes y reflexiones que no podemos, por extensión, exponer aquí. Muchos han estudiado el montaje desde diversas perspectivas teóricas y herramientas de análisis. Sus aportaciones a la historia y la comprensión del fenómeno cinematográfico son inmensas, pero también han apartado un poco, por acumulación, la investigación en Ciencias de la Comunicación con otros análisis más empíricos o conectados con otras disciplinas –psicología de la percepción y neurociencias– que pueden aportar más puntos de vista, como vimos anteriormente. En todo caso, las aportaciones a la teoría del montaje por parte de André Bazin y su realismo objetivo que intenta minimizar algo el papel del montaje (Bazin, 1966), el modelo semiótico de Jacques Aumont (1992), el psicológico de Jean Mitry (1967), la incidencia en el papel del espectador de Marcel Martin (1955/2002), o la interpretación del significado en el montaje de Rudolf Arnheim (1957) y otros, forman un fresco, aquí inabarcable, de la complejidad del fenómeno.

Muchas veces, también, se han conectado estos análisis con las características geográficas o históricas de los movimientos cinematográficos o diversas escuelas y sus practicantes. Tal es el caso, por ejemplo, del cine clásico de Hollywood, el Expresionismo, Neorrealismo, cine japonés, Nuevo Cine alemán, el surrealismo, *La Nouvelle Vague* o *Dogma95*. Los movimientos cinematográficos se han mostrado como herramientas útiles para discernir formas y acceso a recursos que no siempre han estado al alcance de cineastas de diversas épocas y realidades y, a la vez, quedan definidos por compartir supuestos sobre la forma de hacer cine común de cineastas y películas (Bordwell & Thompson, 1995).

Un cuerpo teórico importante y, además, una distinción paralela a la estructura representada por el *Hollywood style* y el *MTV style*, que trataremos posteriormente, sería el análisis de la narrativa y el *raccord* por parte del teórico y director estadounidense, aunque francés de adopción, Noël Burch (1970). Pero, sobre todo, es pertinente su análisis de la gestación de los modos de producción cinematográficos (Burch, 1991/1995). Los modos de producción conectan con la forma económica en una sociedad, en cuanto a la relación de fuerzas productivas y relaciones de producción (Harnecker, 1969), según los principios del materialismo histórico de Karl Marx. La versión de Burch, más historicista, lleva a los

conocidos Modo de Representación Primitivo (MRP) y Modo de Representación Institucional (MRI), como sustitución de lenguaje y como respuesta en cierta manera al sistema de representación de la maquinaria productiva del cine de Hollywood. El MRP sería una forma de representación, no inferior a la posterior, más bien no impuesta por las posteriores regulaciones burguesas industriales para la representación. Hay una autarquía del cuadro fílmico, el *raccord* no está asegurado, hay frontalidad de la cámara, conservación del cuadro de conjunto y “centrífugo”, etc. El MRI nos adentra en un modo burgués más regulado, donde aparece la composición con la regla de los tercios, los movimientos de cámara, el escalado de planos, el montaje analítico, paralelo o alternado, las transiciones (Burch, 1970; 1991/1995).

Vamos a ver los supuestos prácticos de montaje que suponen las reglas de la continuidad cinematográfica y después veremos, cinematográficamente hablando y en torno al montaje, qué pasó en las películas de Hollywood de manera paulatina desde los años 60 del siglo XX hasta hoy. Se definen dos estructuras narrativas del montaje audiovisual, a pesar de incontables excepciones, escuelas y experiencias, el *Hollywood style* y el Estilo Post-Clásico o *MTV style*. Debemos caracterizarlos, someramente, desde el punto de vista visual y, especialmente, desde las investigaciones neurocinemáticas. Los estímulos que presentaremos para nuestro experimentos reflejan, pálidamente, esta evolución en el discurrir de planos que, creemos, tendrán una percepción diferenciada en nuestros cerebros, ya sea por la atención a diferentes cortes de planos, ya sea por la especialización profesional o no de los observadores.

3.4.3.1. Continuidad: el espectáculo con reglas

El montaje comenzó en América. Antes de la Guerra Civil y la Revolución, el montaje, como método artístico consciente, no se usaba. ...parece claro que el montaje (la esencia de todo arte) está inextricablemente ligado a la visión del mundo de la persona que tiene el material a su disposición.

Lev Kuleshov, 1935 (The principles of montage)

David Bordwell, Janet Staiger y Kristin Thompson, desde la Universidad de Wisconsin Madison en Estados Unidos de América, incidieron en los factores económicos y organizativos que configuraron el llamado estilo clásico de Hollywood (*Hollywood classical style*). Bordwell plantea como hipótesis que entre 1917 y 1960 un estilo homogéneo ha dominado la manera de hacer películas en Hollywood a través de décadas, géneros, estudios y personas (David Bordwell, Staiger, & Thompson, 1985). No se pueden analizar las más o menos quince mil películas producidas dentro de este “sistema de estudios”, en ese periodo de tiempo. Bordwell se basa en el análisis de un centenar de obras y en caracterizar en las películas, la lógica narrativa, la representación del tiempo, el espacio y los parámetros técnicos como el sonido y el montaje asociados a estos aspectos.

Bordwell y Staiger, en la segunda parte del libro *The classical Hollywood Cinema. Film Style & Mode of Production to 1960* (1985), recuerdan cómo la filosofía de las películas de esa época, raramente mostraban el mecanismo técnico. El artificio era conseguir algo verosímil a la vida (*lifelike*) y una serie de cuestiones son constantes y definen el estilo: primar la narrativa, una manera de entender el realismo, coherencia causal, continuidad, espectáculo, *star system*, géneros. Dejando aquí ahora de lado el aspecto industrial, muchos factores estéticos se muestran reveladores en este estilo. La naturaleza del estilo clásico se encontraba en modelos de historias provenientes del teatro, la literatura, los musicales o las artes visuales. Pero unos factores influyen a otros, mantener la continuidad narrativa y la factura del producto era lo que construía en la práctica, la manera de hacer películas. Y se manifestaba en los sistemas de producción. En 1914 aproximadamente, el sistema de un productor que controlaba el producto sucedió al director y comenzó una auténtica producción en masa, que sería consolidada en los años 30 y 40 del siglo XX por las unidades de productores especializados. Cuando la producción masificada declinó, por los años 50, la división del trabajo y la jerarquía permanecieron, y la relación de costes y eficacia, a pesar de la especialización y las tensiones

por ser diferentes, fueron ayudadas por la uniformidad de las normas del estilo clásico (Bordwell et al., 1985).

En el contenido de las películas, la coherencia de las historias y la lógica de los acontecimientos controlaban el tiempo por un lado, aceptando elipsis y condensaciones, y el espacio por otro, en las composiciones de imágenes, direcciones de acción en las escenas, planos de situación. Se trata de aprovechar tiempo y espacio para una continuidad codificada. Como nos propone Bordwell, podemos sentarnos delante de una película de los años 40 del siglo XX e intentar predecir cuando habrá un cambio de plano. En el contexto de la continuidad clásica, casi siempre acertaremos.

Tanta es la importancia del montaje que impuso este sistema que, muchas veces, las conocidas como “reglas de la continuidad en la edición” (*continuity editing rules*) son reconocidas por el nombre del todo, *Hollywood style* (Smith, Levin, & Cutting, 2012).

Básicamente, las reglas de la continuidad en la edición se basan en las relaciones de contenido, ritmo, espacio y tiempo entre dos tomas que van a ser unidas. Recordemos que el concepto de escena como unidad superior viene, en realidad, del teatro. Veamos algunas de las características de la continuidad clásica del montaje brevemente:

Plano de situación general. Tiende a ser más largo que los planos que le siguen. Reorienta la atención del espectador ante una escena nueva (Cutting, Brunick, & Candan, 2012). Al final de una escena también suele ser más largo, brindando información y motivación para el siguiente cambio.

La transición de un plano a otro, debe ser suave. Fundamental para la continuidad narrativa. Las cualidades gráficas se deben mantener de un plano a otro. Las figuras deben estar equilibradas y simétricamente encuadradas, con los “aires” del encuadre compensados. La iluminación se mantiene constante y la acción ocupa la zona central (Bordwell & Thompson, 1995). Los planos picados y contrapicados sobre la mirada o altura de los ojos del intérprete deben usarse con cuidado y tienen connotaciones dramáticas. Si hay movimiento interno al plano, en acciones de los actores, el cambio se hará al principio o al final del proceso. El corte en medio de un movimiento, como levantarse de una silla y si se editan los planos en mitad del recorrido, provoca un salto perceptivo que convendría evitar.

El ritmo del montaje está guiado por el tamaño del plano. Se suele decir que el espectador necesita más tiempo para entender los planos que tienen más detalles. Un plano general durará más que un plano medio y un plano medio, más que un primer plano. Las excepciones a esto pueden ser causadas por el audio o el contenido de los diálogos.

Continuidad espacial perceptiva. Regla de los 180°. El espacio de las escenas se construye a partir del llamado eje de acción o línea de los 180°. “Saltarse el eje” provoca despistes al espectador y confusión en la dirección de las acciones entre planos. Con actores en la escena, el eje de acción debe ser el establecido por sus miradas en un eje imaginario. La cámara no debe pasar por corte al otro lado. En objetos que se mueven, el eje de acción suele ser la dirección del movimiento con respecto al encuadre. El eje no sólo aclara el espacio en la escena, sino la continuidad de la secuencia. Imaginemos un partido de fútbol con el eje saltado: los jugadores, al cambio de plano, parecerían atacar su propia portería. En escenas complicadas, con muchos actores, miradas y movimientos, se considera un arte respetar los ejes o cambiarlos con justificación suavemente o con movimientos de cámara. Una demostración maestra de esto se puede ver por ejemplo en el registro e interrogatorio que hace el comisario Hank Quinlan en la película *A Touch of Evil* (Welles, 1958).

Transiciones y elipsis. El tiempo se desarrolla de acuerdo con la narración. Las acciones son continuas en el tiempo. El flash-back es un desafío a la continuidad, para mostrar un suceso del pasado, por ejemplo, y se hará un corte muy ostensible, con cambio de audio y con pistas cognitivas para entenderlo. Preferiblemente se usará un fundido de imagen o más problemático, una cortinilla. La cortinilla que se desplaza por la imagen permite mostrar acciones paralelas, alternantes, cambios temporales o cambios espaciales. El sonido de la escena de la historia, el sonido diegético es un pegamento de la continuidad espacial. La regla no escrita en el Hollywood clásico es que un encadenado muestra paso de tiempo y un fundido, un paso de tiempo mucho mayor. El cine más moderno puede alterar esto, hasta hacer por corte una transición de miles de años de un hueso a una nave espacial, como en *2001 A Space Odyssey* (Kubrick, 1968). En general, buena parte del cine post-clásico juega con las reglas, rompiéndolas, y parte de su atractivo estético es el salto de las reglas de la continuidad precisamente. Pero ya no hablaríamos de *Hollywood style*.

3.4.3.2. La continuidad en el cerebro

“Esta es mi experiencia profunda de espectador cinematográfico. La de haber asistido (y seguir asistiendo) a un filme imaginario e interminable en el que se anudan, en una ronda sin fin, imágenes que el viento del relato ha reunido en una narración singular que sólo ha sido contada para mí”
Santos Zunzunegui, 2008

Jeffrey Zacks, con quien ya nos hemos encontrado en secciones anteriores, desde la Facultad de Psicología de la Universidad de Washington en Saint Louis, Missouri, y Josep Magliano, del Departamento de Psicología de la Universidad de Northern Illinois, se ocupan en su artículo *The impact of continuity editing in narrative film on event segmentation* (Magliano & Zacks, 2011) sobre el impacto de las ediciones que siguen las reglas clásicas de la continuidad en el cerebro de los espectadores. Zacks, previamente, lleva años investigando desde el punto de vista neurocinemático, sobre la percepción de las escenas en el mundo real y en la comprensión de los cambios de escenas en la narrativa escrita y las películas (Zacks et al., 2001; Zacks, Swallow, Vettel, & McAvoy, 2006; Zacks et al., 2009; 2010). Vamos a ver cómo procesa el espectador los cambios de plano en su cerebro según las reglas de la continuidad en la edición.

Hemos visto que la continuidad clásica en el montaje utiliza muchas combinaciones para los cambios de plano. Y que puede haber, en general, discontinuidades en el espacio, el tiempo y la acción. Cabe pensar que, por muy suaves que sean algunos cortes, el espectador debe darse cuenta de que hubo un salto en la continuidad mientras mira una película. Algunos cortes funcionan porque los cambios perceptivos en una escena son muy pequeños. Si se respeta el eje de acción o la regla de los 180°, el sonido fluye continuo de un plano a otro y la acción de los actores no “salta”, la percepción con la realidad es muy parecida. Como cuando experimentamos una sacada o la supresión perceptiva durante un parpadeo. No decidimos nosotros, el montador o el director ha decidido esos cambios en el retrato de la escena, pero son desafíos parecidos a los que tenemos cotidianamente. Sin embargo, hay cortes en los que el espacio, el tiempo o la acción fotografiada no se mantienen. Estas ediciones suelen coincidir en los momentos en que la película cambia de escena o de secuencia. Se pueden producir importantes cambios espaciales, temporales o en la acción. Esos cortes grandes, suponen un desafío perceptivo y requieren mecanismos especializados o entrenados para comprenderlos. Recordemos los problemas que, a pesar de entender las

acciones de las películas, tenían los sujetos que nunca habían visto la televisión en lejanas aldeas de las montañas de Turquía, y que vimos en la sección *Los audiovisuales como simulacro* de realidad (Ildirar & Schwan, 2014; Schwan & Ildirar, 2010). Zacks opina que, al final, esos saltos funcionan por algo que nos será familiar de anteriores secciones: los sistemas humanos de percepción y comprensión están diseñados para separar la realidad en eventos discontinuos y segmentados. Y también para construir modelos, al estilo que contaba Jeff Hawkins en la teoría MPF en nuestra sección *El mundo como simulación*, sobre las actividades con expectativas localizadas en función de esa segmentación de los eventos.

Zacks presentó en 2007 una teoría semejante a otras revisadas aquí, a la que denominó *Event Segmentation Theory* (EST). Esta teoría supone que las personas construyen representaciones –modelos o simulaciones, diríamos– de los eventos percibidos en su memoria de trabajo. Estos modelos de eventos proporcionan una base para predecir la evolución de los eventos. Serían una representación multisensorial y en movimiento de “qué está pasando ahora” (Zacks, Speer, Swallow, Braver, & Reynolds, 2007), por ejemplo el coche gira ahora, o alguien va a comenzar a responder a mi pregunta. Estas representaciones en la memoria de trabajo serían organizadas por cambios transitorios de activación de redes neurales, y no por memorias de larga duración. De hecho no son conscientes, a menos que concurren algunas circunstancias. La mayoría del tiempo son insensibles a otras entradas sensoriales del entorno y se concentran en la percepción estable del evento localizado. Estos modelos recibirían también entrada de representaciones de la memoria semántica de eventos previos, esquemas de eventos (*event schemata*) que se hayan experimentado, tal como propugnan Joaquín Fuster y Jeff Hawkins (véase secciones *El modelo MPF en la práctica* y *Joaquín Fuster y los cognits*), esta vez sí, almacenados en memorias a largo plazo. La calidad de las predicciones depende dramáticamente de si los modelos propios responden a lo que está pasando. De vez en cuando, las cosas que pasan no responden al modelo y el error de predicción aumenta. La EST propone que en esos momentos un sistema detecta el error y reacciona actualizando el modelo. Esta actualización consiste en cambiar la representación e incrementar la influencia de las vías sensoriales y la atención. El modelo se actualiza y se optimiza. Todo parece de sentido común, la fuerza de la teoría se debería basar en sus correlatos neurales y pruebas prácticas o verificación de sus hipótesis, que veremos después. Repasando la EST y, en general, la percepción discontinua del mundo:

- La segmentación en eventos discretos de los sucesos no requiere atención consciente.
- Las correcciones se hacen sobre la memoria de trabajo de los eventos percibidos
- La segmentación de eventos pasa en múltiples escalas temporales, a pesar de que el observador atiende a una en particular y puede o no ser consciente de ello.
- La segmentación de eventos incorpora información de muchos sentidos y depende de los cambios. Si el mundo está estático, la predicción es sencilla y automática.
- La segmentación de eventos depende de conocimientos y experiencias previas. Se construye en interacción de entradas perceptuales con conocimientos almacenados.
- La EST coincide con teorías –más globales y contrastadas, por cierto– que también parecen instrumentos útiles de comprensión, como la MPF de Jeff Hawkins, la percepción discontinua de los “*zombies*” y correlatos neurales de la consciencia (CNC) de Kristof Koch y Francis Crick y las redes de memoria de trabajo y los *cognits* de Joaquín Fuster (véase secciones *El modelo MPF en la práctica* y *Joaquín Fuster y los cognits*).

Estos modelos coinciden con lo que cabría esperar de las reglas de la continuidad en el montaje que hemos visto. Los espectadores de una película esperan en el *Hollywood style* una continuidad de acciones y eventos y el montaje clásico trabaja precisamente para ayudar a esa continuidad y cómo la historia avanza en el espacio y el tiempo (Bordwell, 2006). La segmentación en eventos de hechos cinematográficos es una extensión de la actividad en el mundo real. La interpretación de los inicios y finales de los eventos, sus fronteras, resultan de nuestra capacidad de analizar las situaciones que percibimos. Zacks analizó la actividad cerebral de los observadores de una película narrativa clásica, *Le ballon rouge* (Lamorisse, 1956), donde un balón conduce a variadas situaciones, al parecer gozar de vida propia, y encontró que cuando los espectadores atendían a una narrativa con cambios de situación, inconscientemente se percibían los principios y finales de escenas no explicitadas en la narración (Zacks et al., 2010). Las activaciones cerebrales previas y los puntos que los observadores marcaron como cambios de escena, coincidieron. En 2012, Zacks y Magliano,

recuperaron la misma película y se plantearon que, de acuerdo con las reglas de la continuidad en el montaje, los cortes exitosos entre tomas deberían percibirse diferente que las discontinuidades en la acción. Ante cualquier salto espacio-temporal, los espectadores tendrían que “tender un puente” para percibir un evento narrativo continuo. La teoría de la segmentación de eventos predecía que la percepción de las fronteras entre eventos aumentaría en función de las discontinuidades percibidas. Asimismo, las reglas de la continuidad del montaje predicen que los cortes (discontinuidades físicas del estímulo) serían más importantes si había saltos en la acción, pues las transiciones espacio-temporales son marcadas intencionalmente para percibirse como fronteras de eventos significativas. Era posible, con técnicas de fMRI, detectar patrones cognitivos cuando los espectadores “tendiesen puentes” para continuidad espacial y temporal con ediciones que siguiesen las reglas. Lanzaron la hipótesis, de que habría, además, mecanismos neurales específicos asociados con el proceso de ver discontinuidades visuales que no tuvieran discontinuidades de acción. Esto es, que podríamos ver lo que suponía de atención en nuestro cerebro un cambio de plano. Para ello, identificaron para mostrar a los sujetos, las fronteras de eventos representadas por la edición y las clasificaron en continuidades cruzadas de espacio, tiempo y acción (Magliano & Zacks, 2011). Pensemos en el cambio de toma o plano en sí mismo. La imagen cambia abruptamente, de manera instantánea y produce una discontinuidad en mayor o menor medida. Son cambios de eventos provocados al espectador. En principio, un cambio de plano, debe provocar un incremento de trabajo en las zonas de proceso visual, tanto en las zonas primarias como V1 y V2, como hacia regiones más integradoras occipitales, temporales en la zona del complejo MT, donde se encontraban MT y MTS, y parietales. Pero eso es connatural a la percepción visual. También cabría suponer, más sofisticada e interesantemente, que las discontinuidades espaciales afecten a áreas especializadas en responder selectivamente a nuevas localizaciones espaciales, como podrían ser el área parahipocampal (PPA) y el complejo retrosplenial (RSC). El PPA se asocia a la detección de sitios específicos y el RSC se asocia a la localización en contextos espaciales grandes o no familiares. Estas zonas también reaccionan cuando navegamos pasivamente por espacios y reaccionan ante edificios y entornos señalados (Epstein, 2008). Por último, la teoría EST predice que ante una discontinuidad de eventos, la atención a los estímulos debería incrementarse puntualmente, pero no hay precedentes claros de cómo se producen estos cambios, si por estimulación de la atención visual u otros procesos más prefrontales de atención. Zacks y Manglano predijeron un patrón selectivo de activación que cuando el cerebro tuviese que superar discontinuidades visuales aumentaría su actividad en los cortes de plano normales, pero que disminuiría ante discontinuidades de acción. Esto

es, la presencia de discontinuidades produciría un aumento de la atención ejecutiva (procesos de arriba abajo, *attention-driven-down-regulation*) y disminuiría la atención producida por los estímulos externos. Esto habría que buscarlo en las zonas de integración visual de alto nivel, como el córtex inferior temporal y el córtex parietal posterior, regiones implicadas, como vimos, en extraer patrones significativos del flujo visual.

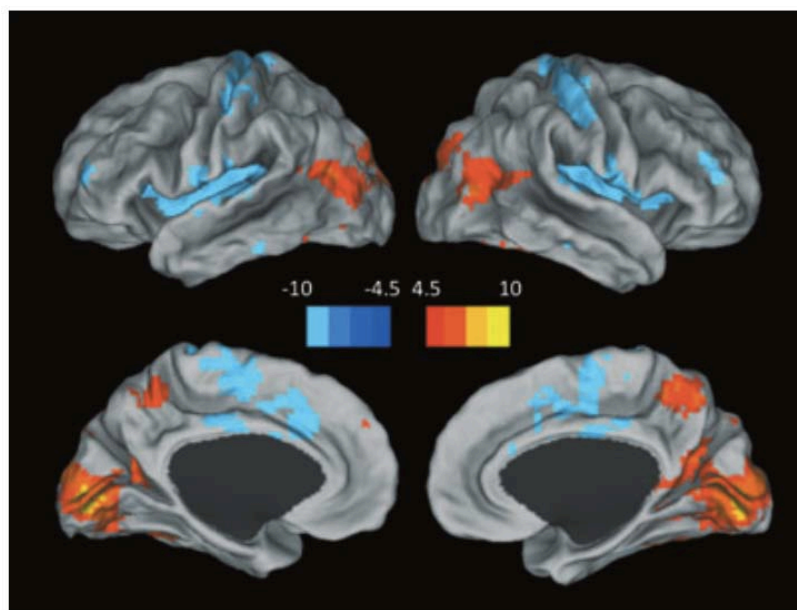


Figura 13. Regiones con cambios significativos cuando hay cortes de plano cinematográfico. Las zonas naranjas y rojas reflejan excitaciones transitorias y las azules disminuciones puntuales de la activación. Explicación en el texto. Fuente: cortesía personal de Josep Magliano (2011), con permiso de Wiley & Sons, 2015.

Los investigadores encontraron que cuando había un corte de plano (fig. 13), había grandes incrementos de actividad bilateral en el córtex visual primario. También se observó incremento de la actividad bilateral en el córtex lateral occipital temporal y en una pequeña región del córtex medial frontal izquierdo. Las disminuciones de actividad fueron todas bilaterales y se observaron en el córtex somatomotor primario, área motora suplementaria, en la ínsula del cíngulo (zona implicada en la experiencia subjetiva y contexto emocionalmente relevante para la experiencia sensorial, entre otras muchas cosas) y en pequeñas zonas laterales inferiores del córtex frontal y temporal (fig. 13). Discontinuidades en el espacio o el tiempo en la película se asociaron con incrementos en el área PPA. Previamente Uri Hason ya había encontrado activaciones en esta zona durante el visionado de películas, cuando el espectador observaba grandes paisajes e inmersión de un actor en dicho paisaje (Furman, Dorfman, Hasson, Davachi, & Dudai, 2007; Hasson et al., 2004). Por último, las discontinuidades en la acción se correspondieron con incrementos de actividad bilateral sólo en el córtex lateral

occipital y decrementos en el córtex parietal anterior superior y sólo en el hemisferio izquierdo en el sulcus temporal superior y el córtex premotor.

En resumen, sus análisis muestran evidencias en los cambios de plano, tanto para incrementos de atención en lo que estamos viendo, como alternancias en la atención de arriba abajo. Las reglas de la continuidad en la edición se refieren indirectamente a estos procesos. Para comprender un corte con continuidad clásica, el espectador debe “tender un puente”, como decíamos, para mantener la continuidad del espacio o el tiempo. Pero cuando la discontinuidad es mayor, e implica acciones, esa actividad no es necesaria, disminuye y el cambio necesitará de atención consciente. Luego las regiones que son importantes para la continuidad de tomas tendrán un patrón distintivo: incrementos en el momento del corte pero disminución de actividad cuando hay saltos en la acción. En estos casos, cuando hay grandes saltos, el proceso queda en espera, la atención entra en escena (*attention-driven down-regulation*) hasta que la nueva escena se comprende, y cuando la escena se estabiliza, el espectador se vuelve a sumergir en la edición fluida.

Tengo que decir que Magliano y Zacks son también intensamente discutidos en cuanto a los resultados sobre cómo procesamos las discontinuidades del montaje, por un lado, y a la interpretación de los procesos neurales del cambio de plano, por otro.

En cuanto a las discontinuidades del montaje, hay estudios que no han observado cambios tan radicales en saltos de continuidad de acción, como cuando no se respeta el eje o línea de 180° y relativizan su importancia. Por ejemplo, Filip Germeys y Geri d'Ydewalle (2007), desde la Universidad de Leuven en Bélgica, violan en sus experimentos la fluidez de acción narrativa, saltándose ejes de mirada, acciones y situaciones y concluyen que habría que minimizar la importancia de las reglas de montaje, pues no producen tanta confusión debido – creen – a la estructura narrativa de las películas clásicas. Están de acuerdo en la segmentación de las películas y la percepción de eventos, pero creen que el seguimiento de una historia no queda demasiado afectado por los cortes de plano. También tenemos a James Cutting, a quien trataremos en el siguiente apartado, desde la Universidad de Cornell cerca de Nueva York, que opina lo contrario, que hay una mayor diferencia entre la percepción de los eventos naturales y los eventos percibidos a través de los cortes de plano en las películas. En concreto, en su trabajo *Perceiving event dynamics and parsing Hollywood films* (2012), cree que los eventos editados de las películas son algo más complejos y señalan eventos aislados en el múltiple flujo de narrativas de las películas. Cree también que hay que contar con otras fronteras de eventos,

marcadas por cambios de luminancia y color y aumentar la importancia de micro-escenas en el discurso cinematográfico. Y como han demostrado otras investigaciones neurocinémicas (Furman et al., 2007; Hasson, Malach, & Heeger, 2010), hay una diferencia grande entre el seguimiento de videos en bruto de escenas de la vida y películas estructuradas. Lo que no quiere decir que el fenómeno audiovisual y cinematográfico no sea un gran campo de investigación para la percepción y el funcionamiento del cerebro (Dudai, 2012). Veamos cómo concluye Cutting:

“In other words, an event in naturalistic video is a slice of life; an event in popular film is part of a highly stylized cultural artifact” (Cutting et al., 2012, pp. 1477).

Los teóricos del cine desde el punto de vista del neoformalismo, la escuela cognitiva, como David Bordwell o Noël Carroll, consideran que una aproximación naturalista a la percepción y cognición humana es un camino provechoso para responder cuestiones sobre el arte cinematográfico (Bordwell, 1989; Bordwell, 2013). De hecho Carroll coincide con Zacks y la corriente dominante en neurocinemática y neurociencia que hemos visto, en cuanto a que las imágenes de las películas son como el mundo porque están en sintonía con nuestros sistemas perceptivos. Las películas clásicas son fáciles de comprender porque están diseñadas como los eventos reales, pero con una “claridad ordenada” (*uncluttered clarity*), diferente solo de lo cotidiano en que los eventos reales son más desordenados y confusos (Carroll & Seeley, 2013).

No obstante, las investigaciones de Zacks son pioneras en el análisis de los procesos mentales que concurren en los cortes de plano. Y consigue poner a prueba las ideas sobre la continuidad del montaje en el seno de la teoría de la segmentación de eventos (EST). Personalmente, creo que esta investigación depende demasiado de mecanismos más generales de la percepción, que obvian las diferencias cognitivas entre la percepción real y las pantallas. Tiene que haber mecanismos más primarios perceptivos y secundarios cognitivos-atencionales que, por encima de la segmentación de eventos, diferencien la realidad y las pantallas a pesar de que los procesos cognitivos y perceptivos sean comunes a la percepción de movimiento y eventos. Por eso la investigación que presentamos se basa en ver si hay esas diferencias y si nuestro cerebro trabaja diferente ante un tipo de montaje u otro frente a la realidad o si el proceso es diferente en mentes entrenadas por la práctica profesional.

En la investigación que presento, analizaré las diferencias en la actividad cerebral en los cambios de plano en ediciones que siguen el *Hollywood style* y el *MTV style*, que ahora trataremos. Es la primera vez que se realizan estos experimentos de comparación, y también es pionero el uso del EEG como técnica para ello. La resolución del EEG es en lo temporal, muy exacta, pero espacialmente, la localización de activaciones es muy inferior a la fMRI, con lo que la localización de áreas no será tan exacta ni profunda en el córtex como lo que hemos conocido en las investigaciones de Jeffrey Zacks y otras con fMRI, que en cambio se ven complicadas por una mayor lentitud en la detección temporal, por depender en fMRI del incremento de riego sanguíneo (señal BOLD, Blood Oxygen Level Dependent) más lento en su acumulación allá donde hay demanda por actividad, que la producción de señales eléctricas en las zonas en activación. Las investigaciones neurocinemáticas, como veremos en los siguientes apartados, siguen muchos caminos. No obstante, cabría esperar, en paralelo a nuestro estudio sobre el parpadeo, y colateralmente a nuestras búsquedas, una excitación y supresión cortical en las zonas parietal temporales y visuales, tras los cambios de plano, tal como hemos visto. Pero en este caso, las supresiones creo que deben asociarse también a los procesos de inmersión en la realidad o las pantallas que se reflejarían en una mayor o menor desincronización de zonas premotoras y el presunto complejo de las neuronas espejo (MNS) que pueden proporcionar nuevas claves, no sólo para la comprensión de la empatía o el diagnóstico de enfermedades, sino también apuntar un criterio para, y espero mostrar indicios, distinguir la realidad de la ficción en nuestros procesos mentales de mirar las películas y la realidad.

3.4.3.3. Más rápido, aún más rápido, más oscuro.

*“For many of us, today's popular American cinema is always fast, seldom cheap,
and usually out of control”*
David Bordwell, 2002

Es un lugar común en YouTube o la vida cotidiana, el comentario sobre la espabilada percepción y la sabiduría aparentemente intuitiva de las nuevas generaciones con las nuevas tecnologías en el siglo XXI: *“Fíjate cómo el niño maneja el smartphone”* *“La niña me maneja sola el iPad”* o *“Estos videoclips a mí me dan dolor de cabeza, no sé cómo puedes verlos”*. No es este el lugar para discutir si el uso de Internet, los *smartphones* y el mundo conectado cambian el cerebro de los usuarios, hoy más bien prosumidores, consumidores de sus propias producciones comunicativas (Andreu-Sánchez & Martín-Pascual, 2014). Y, aunque la cuestión es de gran interés para las Ciencias de la Comunicación, la evolución actúa perceptivamente más lenta en sus cambios. Pero en los cerebros individuales, los modos de atender y la manera de aprender sí están cambiando en la vida diaria. Está comprobado que la vida conectada desarrolla la atención pero empeora la concentración sostenida, hay quien dice que haciéndonos más superficiales (Carr, 2010).

Según el Bureau of Labor Statistics de Estados Unidos de America, en 2014, mirar la televisión era la actividad que ocupaba más tiempo libre, más de 2,7 horas diarias de media en todas las franjas de edades, más de la mitad del tiempo libre entre semana (Department of Labor, 2015). El fin de semana se disparaba hasta las 3,7 horas. En España, El Instituto Nacional de Estadística brinda datos tabulados de 2011, que arrojan resultados parecidos: 2,8 horas diarias (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015). Estos datos, claro, no incluyen mirar las pantallas de los *smartphones* o tabletas, videojuegos, el ordenador personal o del trabajo, ni siquiera cuantifican en este caso, ir al cine. Podemos decir que nos pasamos buena parte de nuestras vidas mirando pantallas.

Y dentro de esas pantallas no es difícil ver que algo ha cambiado en la forma de consumir y en los contenidos consumidos. Lo que se ve en esas pantallas ha cambiado mucho. No sólo por la nueva ubicuidad de las pantallas que ahora llevamos con nosotros, sino la estructura formal de lo que se proyecta. Vamos a ver qué pasa en el cine desde 1960, para

caracterizar y contextualizar el otro estímulo que presentamos en esta investigación, los audiovisuales con estilo post-clásico o el también llamado, de manera más extrema, *MTV style*.

Muchos estudiosos del cine consideran que el *Hollywood style* ha evolucionado para adaptarse a costumbres nuevas, profundizar en cambios expresivos o utilizar innovaciones tecnológicas. Postulan que desde 1960, aproximadamente, hemos entrado en un periodo “post-clásico” diferente del de la era de los estudios. Se dice que el concepto de *blockbuster*, envuelto en merchandising y marketing, ha creado unas películas con incoherencia narrativa y fragmentación estilística. Pero parece que esto es sólo apariencia, aunque hay cambios en varios frentes del producto cinematográfico. Si estudiamos con atención las películas de Hollywood, su narrativa, las reglas de la continuidad en la edición y la manera de contar historias (*storytelling*), no han cambiado de manera importante (Bordwell, 2002, 2006). La presentación de los protagonistas es parecida a como era antes de 1960, los flash-backs y las elipsis siguen siendo coherentes y no demencialmente inexplicables e, incluso, las premisas de las reglas de la continuidad del montaje se siguen respetando: los planos de situación siguen presentando al personaje en su entorno, el eje de acción se mantiene y, aunque los tiros de cámara sean más extremados, las tomas se hacen sin saltárselo. Los movimientos de los actores tienen coherencia en sus movimientos entre cortes de plano y las escenas, según se desarrollan las tramas, van cerrando sus planos hasta tomas más cortas de los protagonistas. Pero David Bordwell en su trabajo *Intensified Continuity: Visual Style in Contemporary American Film* (2002) y posteriormente en *The Way Hollywood tells it* (2006) reconoce que algo ha cambiado estilísticamente. Las nuevas técnicas nos inclinan hacia un estilo algo distinto. Pero no han rechazado la continuidad tradicional. Lo que hace el nuevo estilo es intensificar lo anterior (Bordwell, 2002). Lo que Bordwell llama continuidad intensificada es la continuidad clásica enfatizada hasta la vorágine de un montaje y unos recursos más intensos, infatigables. ¿Cuáles serían las características de la continuidad intensificada? Varias estrategias en el uso de la cámara y la técnica nos conducen a ella, seguimos a Bordwell:

Ediciones más rápidas. Entre 1930 y 1960, la mayoría de películas de Hollywood tenían entre 300 y 700 planos. Promediando las duraciones de la película nos da una duración media de planos (*average shot length*, ASL en la literatura anglosajona) de entre ocho y once segundos. Una película de alto presupuesto, rara vez bajaba de 6 segundos. Esto comenzó a subir y a finales de los años 80 del siglo XX una película podía tener entre 2000 y 3000 planos. Y si bien siempre hay películas con una ASL mucho menor, las cifras están alrededor de tres a seis segundos. Bordwell cita, como el caso más extremo, la película *Dark City* (Proyas, 1998) como

la más rápida encontrada. Una ASL de 1.8 segundos (Bordwell, 2002). Cree que este ritmo encontrará un muro y le cuesta concebir una película con una ASL menor a 1.5 segundos. Volveremos sobre ello.

Uso alternado de lentes de longitudes focales extremas. En el Hollywood clásico, la lente normal tenía una longitud focal de 50 milímetros. Como es de costumbre, longitudes focales más largas se usaban para primeros planos o para captar tomas de escenas lejanas a la cámara. Los objetivos angulares 25, o más habitualmente 35 milímetros, como recuerda la norma no escrita, permiten tener todo enfocado o enseñar planos de conjunto en espacios reducidos. Cambiar entre tomas captadas con objetivos de distancia focales muy diferentes, suponía un problema para la continuidad de acciones. Esto es debido a la diferente compresión aparente causada por el cambio de profundidad de campo según la distancia focal, la velocidad aparente diferente, las distorsiones de la imagen y también, no menos importante, las dificultades que presentaban las ópticas de larga distancia focal, que eran mucho menos luminosas por una mayor cantidad de grupos ópticos y grosor de las lentes. A raíz de esto último, también influía el diafragma que imponía la sensibilidad del material fotosensible de registro (Almendros, 1996). En el Hollywood clásico, la longitud de distancia focal de uso normal fue disminuyendo paulatinamente. La tendencia popularizada por Gregg Toland y Orson Welles en *Citizen Kane* (Welles, 1941) llevó a los 35 milímetros como estándar. En los años 70 del siglo XX, la utilización de grandes angulares, incluso asumiendo y utilizando sus distorsiones, era algo habitual. La alternancia de distancias focales cortas y largas, junto con la “cámara lenta” se ha convertido en una cosa habitual en las coreografías de escenas de acción, aunque el prurito de clasicismo sobrevive en muchos directores.

Encuadres más cortos y extremos en escenas de diálogos. En el cine clásico, multitud de directores iniciaban las escenas con diálogos en lo que en la terminología europea llamaríamos plano americano (en realidad en el mundo anglosajón *three shot*, plano que en el formato academia clásico 1:33 o la televisión analógica 4:3, encuadraría a tres personas en el cuadro, cortando por las rodillas. Con esta lógica, *two shot* sería un plano medio y, sin esa conexión con los encuadres, la terminología para primer plano suele ser *close-up*). Esto favorecía ver a los actores en su ambiente. Posteriormente a los años 70, aunque esta tendencia aparece mucho antes, se va directamente al plano medio de uno de los que hablan o escuchan. Se hace común trabajar con un rango de planos con encuadres mucho más cortos. La pantalla ancha y el “aire” que dejaba a un lado de la imagen del intérprete, ya contextualizaba espacios y permitía

usar más frecuentemente los planos sobre los hombros del actor que hablaba o escuchaba. Los actores muchas veces se convierten en “caras” y los planos cortos permiten un montaje mucho más rápido (Bordwell, 2002). Muchas veces la televisión también ha sido, en sus exigencias ante un pantalla más pequeña, un empujón hacia los planos más cortos.

Una cámara mucho más inquieta. Con excepciones, hoy la cámara se mueve aunque nada se menee en la escena. Incluso los temblores en el encuadre, apoyan un uso que hace que las cosas parezcan más reales y auténticas, como si un operador aficionado captase las imágenes y la realidad se manifestase con los temblores habituales, hoy superados técnicamente, de un operador sobrepasado por los acontecimientos y los vaivenes de la acción. Por otro lado las innovaciones técnicas han llevado a una cámara fluida que puede hacer o construir virtualmente cualquier movimiento o punto de vista. Desde los años 90 del siglo XX, muchos planos de situación y arranques de escenas, se han convertido en un *tour de force* de plano secuencia con movimientos circulares, subjetivos, atravesando obstáculos imposibles o navegando a todas las escalas, reales o virtuales y virtuosamente ingravidos, por el entorno.

Muchas de estas tendencias ya existían antes, precisamente en artistas adelantados a su tiempo. También es verdad que las nuevas tendencias ya no son un patrimonio de Hollywood y sus variantes se pueden rastrear en todo tipo de realimentaciones e influencias mutuas. Baste recordar el cine de acción John Woo en Hong Kong, rápidamente llevado a Hollywood, caracterizado por Bordwell como “intensificación de la intensificación” (Bordwell, 2002) hasta el punto de la extravagancia (Bordwell, 2006).

En cuanto al tema de la intensificación de planos, vamos recurrir a un estudio sólido en el marco de la cinemétrica, que puede acabar de situarnos con perspectiva la corriente del cine comercial de los últimos años. Desde la Universidad de Cornell cerca de Nueva York, ya introdujimos en el apartado anterior a James Cutting (que debe estar harto de las bromas sobre su nombre y su campo de estudio). Junto con Kaitlin Brunick, Jordan DeLong (que también le pasará), Catalina Iricinschi y Ayse Candan, presentaron en 2011 un trabajo llamado *Quicker, faster, darker: Changes in Hollywood film over 75 years*. Vamos a mirar más de cerca la cinemétrica de planos de este estudio. Estos investigadores midieron 160 películas de habla inglesa realizadas entre 1935 y 2010. Encontraron cuatro cambios y tendencias significativas:

- La longitud de los planos cada vez es más corta (fig. 14a), tendencia que ya hemos visto analizada anteriormente.
- Las película más modernas tienen más movimientos de cámara y más movimiento de elementos semovientes internos al plano (fig. 14b).
- En las películas más modernas, los planos breves tienen proporcionalmente más movimiento que los planos con más duración, relación que no existe en películas más antiguas (fig. 14c).
- Las películas son cada vez más oscuras (fig. 14d).

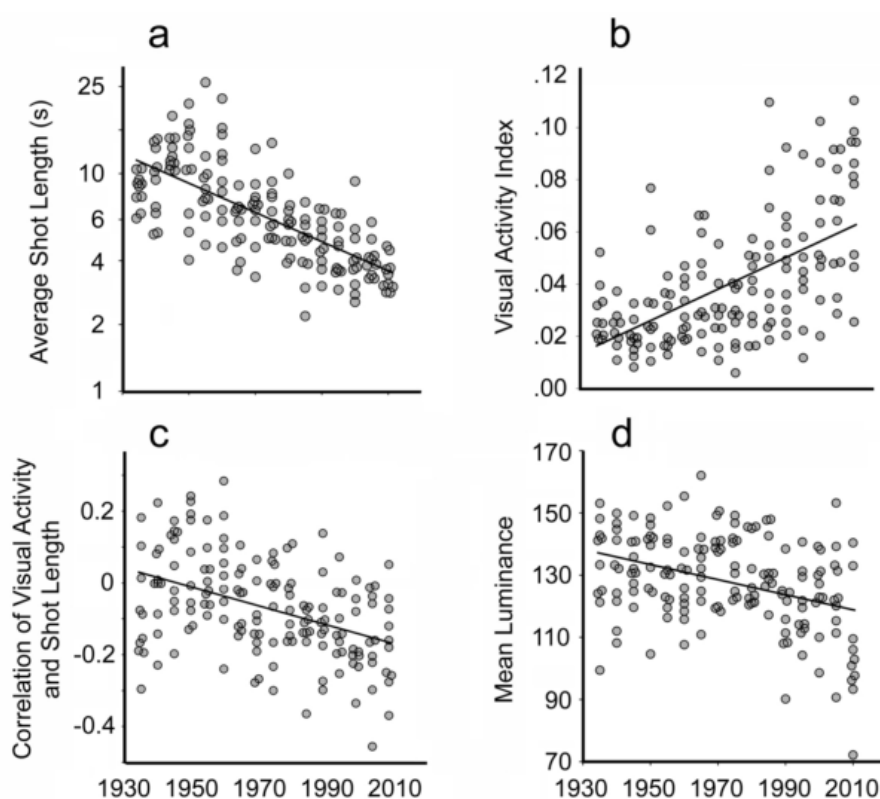


Figura 14. Cuatro tendencias a lo largo de 75 años de películas de Hollywood (Cutting et al., 2011). a. Visualización, con escala logarítmica en el eje de ordenadas, de la disminución de la duración media de planos (*average shot length*, ASL). b. Incremento del índice de actividad visual (*visual activity index*, VAI). Los VAIs se calculan correlacionando medianas de píxeles en pares de fotogramas contiguos a lo largo de toda la duración de la película. Cutting, DeLong y Brunick ya utilizaron este laborioso sistema en una investigación anterior (Cutting, DeLong, & Brunick, 2011). c. Muestra el incremento de la correlación negativa entre la duración de los planos y el VAI entre planos para todos los cortes de la película. d. Luminancia de las 160 películas del periodo 1935-2010. Las películas contemporáneas son más oscuras que sus predecesoras. Fuente: cortesía personal de James Eric Cutting, 2011b.

Estos investigadores, opinan que estos cambios y sus posibles efectos psicológicos tienen una única causa. Los cineastas cada vez quieren ejercer más control sobre la atención de los espectadores. Creen que es una señal de la evolución de las películas populares pero, en el

fondo, no reflejan un cambio en el estilo. La elección de películas para analizar, se hizo en función de géneros muy generalistas: acción, aventuras, animación, comedia y drama.

Además de estas tendencias, otros factores coinciden en las últimas décadas en la configuración de un nuevo estilo de montaje. El salto, se podría decir, a una diferencia entre el estilo Post-Clásico cinematográfico y lo que dibuja el similar *MTV style* que incluye la narrativa de los videoclips. Como dice James Cutting, los videoclips pueden tener mucho que ver en esta intensificación de planos. Aún así, una duración de tomas de un segundo o dos, aún no supone un problema biológico. Nuestro sistema cognitivo, siempre ha sido capaz de aguantar ese ritmo, solo que, ahora, se está poniendo a prueba (Cutting, 2005). Además, hay que incluir los videojuegos y, sobre todo, el advenimiento de la imagen digital como sustituto indistinguible de la realidad.

Esteve Riambau, director la Filmoteca de Catalunya y estudioso del cine, hace un análisis de estos últimos tiempos cinematográficos que hoy nos rodean hacia el futuro (Riambau, 2011), utilizando unas fronteras circunstancial y temporalmente efímeras, pero muy significativas: desde la película *Jurassic Park* (Spielberg, 1993) a la película *Avatar* (Cameron, 2009). Nos estaríamos adaptando a una mayor capacidad de percepción sensorial por parte de un público contaminado por variadas ofertas audiovisuales. El cine digital, y la tecnología que tiene alrededor, han creado un mundo propio simulando la realidad. Por ejemplo, las tramas de los videojuegos son mínimas, pero brindan lo necesario para introducir al jugador en una serie de microestructuras narrativas elementales, que al poder ser controladas por el usuario y tomar decisiones, provocan que este se sienta gratificado. Los videojuegos inspirados en películas cada vez presentan imágenes más próximas a la realidad cinematográfica, donde el jugador ya no es un *voyeur* en la butaca del cine clásico, sino que participa activamente, eso sí, en una narración mucho más pobre en matices por ahora (Riambau, 2011). El cine digital se instala en el simulacro permanente, donde la hibridación y las realidades digitales enredan las formas de representación que conjugan la animación con el montaje, ficción con documental, imagen real y virtual y especialmente diversos mundos paralelos. En cierta manera podría pensarse en una recuperación, tecnológicamente mediada, del cine de los orígenes, nacido de los espectáculos de feria y el teatro popular, una nueva entidad convertida en un simulacro concentrado de lo real, pero en otros mundos (Riambau, 2011). El cine digital y el fotoquímico confluyen en un dispositivo narrativo, que intensificado con las tendencias

comentadas, sigue siendo fiel a la estructura clásica, quizás enmascarada por lo virtual y la velocidad.

David Bordwell recuerda también cómo la velocidad de las innovaciones técnicas aumentan también la movilidad dentro de las tomas cinematográficas y la frecuencia de los planos. No puede sino señalar:

“...*may be that as I write, intensified continuity is itself intensifying*” (Bordwell, 2006, pp. 179).

Es posible que lo que conocemos como *Hollywood style* o *MTV style* necesite de otro encuadre y caracterización diferente, más multimedia y multiplataforma, y más adaptado a la variedad de recursos narrativos audiovisuales presentes hoy en las pantallas, donde consumimos imágenes sin cesar. Pero para las versiones, con diversos montajes, que presento en esta investigación, serán suficientes estas categorías para entender la diferencia de edición entre estímulos, un plano secuencia sin interrupción, una edición *Hollywood style* y otra extremadamente Post-Clásica, con la continuidad intensificada o si preferimos, próxima a los planos de los videoclips, el *MTV style*. Nuestro estímulo al estilo Hollywood, tendrá una ASL de 5.9 segundos y el *MTV style*, 2.4 segundos, constatadas a posteriori, después de dirigir inspirados por una narrativa clásica respetando las reglas de la continuidad y de un videoclip, encarnado por un observador virtual más caprichosamente intensificado, respectivamente.

Vamos a ver ahora las preguntas que se hizo Walter Murch, un oscarizado montador de Hollywood, sobre las relaciones entre el parpadeo y el montaje cinematográfico, especialmente, sus reflexiones sobre el cambio de plano y sus discontinuidades. Un conocido, lego audiovisual, le preguntó a Murch en qué consistía su oficio (Murch, 1995). Murch habló sobre la magia del montaje durante unos minutos. Al rato, el hombre vió la luz y exclamó: *¡Ah! ¡Es lo de quitar los trozos malos!* Murch se escandalizó, realmente era mucho más que eso. Pero años después, estuvo bastante de acuerdo.

3.5. Las Preguntas de Walter Murch

“I began to get a glimmer of this on my first picture-editing job-The Conversation (1974)-when I kept finding that Gene Hackman (Harry Caul in the film) would blink very close to the point where I had decided to cut. It was interesting, but I didn't know what to make of it.

[...]

And that blink will occur where a cut could have happened, had the conversation been filmed. Not a frame earlier or later.”

Walter Murch, 1995

A caballo entre el cambio audiovisual del mundo fotoquímico y analógico al digital, un profesional del montaje cinematográfico hizo pública en 1992 (Murch, 1995), una reflexión sobre la naturaleza y el instante decisivo para efectuar un cambio de plano en una película.

No deja de ser llamativo que la pasión de Walter Murch sea el sonido y, de hecho, él se considera un diseñador de sonido (Murch, 2005). Él acuñó el término *sound designer* como categoría de premio (Ganti, 2004). Es el único artista que ha ganado dos Oscars simultáneos en las categorías de mejor sonido y al mejor montaje por la película *The English Patient* (Minghella, 1996). Recibió otro Oscar en 1980 por el sonido de *Apocalypse Now*. Posee incontables nominaciones y, sin ser exhaustivos, está detrás del montaje o el sonido de películas como *The Rain People* (Coppola, 1969, sonido), parte del sonido de *The Rolling Stones* conocida como *Gimme Shelter* (Maysles Brothers, Weir, 1970), *THX 1138* (Lucas, 1971, sonido y guionista), *The Godfather* (Coppola, 1972, sonido), *The Conversation* (Coppola, 1974, montaje), *The Godfather II* (Coppola, 1974, sonido), *Julia* (Zinnemann, 1977, montaje), *Apocalypse Now* (Coppola, 1979, sonido), *The Unbearable Lightness of Being* (Kaufman, 1988, montaje), *Ghost* (Zucker, 1990, sonido), *The Godfather III* (Coppola 1990, montaje y sonido), *Romeo is Bleeding* (Medak, 1993, montaje y sonido), *I Love Trouble* (Shyer, 1994, montaje), *"First Knight"* (Zucker, 1995, montaje y sonido), *The English Patient* (Minghella, 1996, montaje y sonido), *The Talented*

Mr. Ripley (Minghella, 1999, montaje y sonido), *K-19: The Widowmaker* (Bigelow, 2002, montaje y sonido), *Cold Mountain* (Minghella, 2003, montaje y sonido), *Jarhead* (Mendes, 2005, montaje y sonido), *Youth Without Youth* (Coppola, 2007, montaje y sonido), *Tetro* (Coppola, 2009, montaje y sonido), *The Wolfman* (Johnston, 2010, montaje), *Tomorrowland. A world beyond* (Bird, 2015, montaje) y un buen puñado de episodios para televisión y documentales, algunos sobre su pasión sobre la astronomía y la física, donde destaca *Particle Fever* (Levinson, 2013, montaje y sonido) (Caul, 2015).

Para entender a Walter Murch, es muy interesante la reedición que llevó a cabo en 1998 de *Touch of Evil* (1958) de Orson Welles. Estrenada originalmente en la primavera de 1958, y convertida en película de culto, supuso un esporádico regreso de Welles a Hollywood antes de regresar a su periplo europeo. Welles nunca estaba satisfecho con el montaje de sus películas (Riambau, 2015). En el caso de *Touch of Evil*, la historia de su montaje merece un estudio específico. El caso, brevemente, es que tras un corte personal en bruto de la película, el estudio montó una versión muy alterada y reducida a 93 minutos. Orson Welles escribió un mítico memorando sugiriendo con pasión los cambios que le parecían fundamentales (Welles, 1957). Nadie le hizo caso. En 1976, aún en vida de Welles, se comercializó otra versión de 108 minutos con metraje adicional –aparte– descubierto. Nadie le consultó tampoco esta vez. Cuarenta años después, reencontrado el memorando de 58 páginas, Murch acometió la reedición de la película siguiendo las cuidadosas y emocionantes indicaciones de Welles (Murch, 1998). Los cincuenta cambios que aproximadamente Murch introdujo en la película no construyeron un film diferente. Como él dice “*This Touch of Evil is simply a better version of the same film, which is to say, more in line with the director's vision*” (Murch, 1998, § 19). Murch reflejó la importancia que tenía para Welles el ritmo y la alternancia de las historias paralelas en la película. Ambos cineastas tienen en común la búsqueda de patrones y ritmos ocultos. Walter Murch visiona interminablemente y a gran velocidad el montaje, buscando pautas, mirando “danzar la película” (Koppelman, 2005), Welles era famoso por visionar a doble velocidad el material, de una moviola a otra, haciendo prevalecer el ritmo sobre el respeto al *raccord* (Riambau, 2015).

También en el mundo técnico del cine, Walter Murch ha sido un hombre inquieto, innovador e inventor. Ya montando en película fotoquímica colaboró en el invento del empalmador N-VISI-O, un celofán con adhesivo muy fuerte, más estrecho que los habituales

empleados en las uniones de fotogramas, y que era prácticamente invisible en proyección (para estas y otras innovaciones de Murch: Hirsch, 1996; Koppelman, 2005).

Es llamativo que Walter Murch sea un montador nominado al Oscar por películas montadas en sistemas totalmente diferentes y que reflejan la evolución técnica e histórica del cine: montó *Julia* (Zinnemann, 1977) con una moviola vertical, editando de pie como a él le gusta, *Apocalypse Now* (Coppola, 1979) o *The Godfather Part III* (Coppola, 1990), por ejemplo, usando una editora *KEM* de superficie plana, tipo *Steenbeck*; Para *The English Patient* (Minghella, 1996) probó el sistema de edición no lineal digital de *Avid*, y para *Cold Mountain* (Minghella, 2003) escribió un correo a Steve Jobs, CEO de *Apple Inc.* (Koppelman, 2005), para que se implicaran en una solución técnica profesional de edición digital y empleó el software *Final Cut*. Esto supuso una revolución técnica en Hollywood y la difusión de este software sencillo y accesible, en todo tipo de producciones audiovisuales. Murch, actualmente, ha regresado al sistema *Avid*.

Para las investigaciones que nos ocupan, Walter Murch publicó inicialmente en 1992 *In the blink of an eye. A perspective on film editing*, un libro sobre el montaje cinematográfico que recoge tanto sus puntos de vista sobre el montaje, como una reflexión histórica sobre el paso de la edición fotoquímica analógica a la no lineal digital (Murch, 1995). Buscando el corte de plano ideal, postula la regla de seis criterios, por orden de importancia con porcentajes. El corte ideal debe:

1. Responder a la emoción del momento (51%).
2. Hacer avanzar el argumento (23%).
3. Tener lugar donde colabore al ritmo adecuado (10%).
4. Tener en cuenta la dirección de la mirada o interés del espectador (7%).
5. Respetar la gramática del plano bidimensional, por ejemplo el eje de acción (5%).
6. Respetar la continuidad tridimensional de la realidad (4%).

La emoción es lo que hay que preservar, cueste lo que cueste. Podemos, en cambio, partir del final de la lista para ir eliminando criterios según nuestras necesidades. Murch se pregunta entonces ¿por qué funcionan los cortes de planos? Son un salto perceptivo muy grande para el espectador (Murch, 1995). Es sorprendente que funcionen con fluidez, cuando son un salto tan violento. Cuando el corte acontece, hay un salto del campo de visión, punto

de vista y muchas veces, un cambio temporal, espacial o de contenidos. Es como los sueños, fragmentados en nuestro recuerdo. La comparación de sueños y películas es muy interesante para Murch, porque puede suponer el puente para la comprensión de las películas como algo natural:

“Don’t worry, darling, it’s only a dream –are almost the same words used to comfort a child frightened by a film– Don’t worry, darling, it’s only a movie. (...) For instance, it’s hard to imagine this phrase: Don’t worry, darling, it’s only a painting” (Murch, 1995, pp. 58-59).

Puede ser entonces que en nuestra realidad habitual experimentemos algo parecido a los cortes. Murch observó, montando *La conversación* (Coppola 1974), que Gene Hackman parpadeaba cerca de donde él había decidido cortar. Después leyó una entrevista con John Huston, donde comparaba al cine con el proceso de pensar. Huston decía que cortábamos las escenas de la realidad parpadeando de un punto de atención a otro (Huston & Long, 2001, entrevista de 1973).

Murch observó muchos parpadeos y advirtió que no sólo se parpadeaba para mantener húmeda la superficie del ojo. Alguien concentrado en alguna actividad inhibe el parpadeo. Alguien sometido a pensamientos encontrados o desconcierto, parpadea más. Pensó, acertadamente, que el parpadeo es algo que contribuye a una separación interna del pensamiento o bien es un reflejo involuntario de ese proceso mental. Pero a él le interesaba *el instante* del parpadeo. Puede que ocurra donde debería haber un corte de plano. Murch nos sugiere observar con película infrarroja las pupilas de los espectadores de una película para ver si sus parpadeos se sincronizan o se producen en relación a los puntos de corte. Como veremos, esto no es exactamente así, pero la cuestión es vital para los procesos de atención de los espectadores en una película. Y para los montadores y narradores cinematográficos.

Las preguntas que se hizo, implícitamente, Walter Murch serían:

- ¿Puede ser que el parpadeo refleje la comprensión del espectador de una película?*
- ¿Se sincronizan los parpadeos de los espectadores de una película con su montaje?*
- ¿Hay un parpadeo objetivo que nos avise y oculte cuando hay que cambiar de plano?*

El tema del parpadeo ya era estudiado por la fisiología y la psicología de la percepción. Él mismo cita investigaciones de psicólogos interesados en el estudio del parpadeo y carga

cognitiva (Murch, 1995, en pp. 62 cita a Fogarty & Stern, 1989, aunque el tema del artículo no refleja exactamente lo que dice Murch), pero lo interesante, es la conexión que establece Walter Murch con las películas y los audiovisuales.

Murch ha ido matizando y cambiando su opinión con el tiempo, como persona sensible e informada. También se ha volcado en teorizar sobre otra gran pasión, el sonido y su codificación en las bandas sonoras (Murch, 2005). Ahora suele comentar que ha descubierto que el parpadeo también está conectado con el ritmo sonoro. Habla de un “espasmo” que siente cuando debe cambiar de plano y que es equivalente al parpadeo (Ondaatje, 2002/2007). El patrón de parpadeos aplicado a una película, sería como la puntuación de cambios de atención durante una conversación entre dos personas o la película y su espectador. Montando *The Talented Mr. Ripley* (Minghella, 1999), observó que el parpadeo ocurre más frecuentemente cuando el actor está pronunciando una consonante fuerte. Cree que los parpadeos tienden a producirse más en las *eses* y las *zetas*, por ejemplo (Ondaatje, 2002/2007). El parpadeo estaría esperando su turno aprovechando la pausa de las cuerdas vocales.

El desafío de sus preguntas sobre el parpadeo merecían un estudio detallado que concierne a la comprensión de los audiovisuales y que sólo recientemente se ha acometido, como veremos a continuación. Walter Murch sigue montando de pie, mientras su cuerpo aguante. Como le gusta decir: “*Chefs, conductors, and surgeons do not sit down either when working*” (Soeteman, 2014, § 7).

3.5.1. Las respuestas de Nakano

“Parpadea y te lo perderás”
Spot de Eurosport e IAAF, 2015

Es bien conocido que la frecuencia de parpadeo se ve afectada por el desempeño de tareas que requieren atención. Wong y su equipo, por ejemplo, investigaron qué pasaba con la frecuencia de parpadeo en cirujanos oftalmológicos durante diversas operaciones oculares (Wong, Wan, & Kaye, 2002). Investigando la frecuencia de parpadeo de nueve cirujanos en acción, constataron que la frecuencia de parpadeo disminuía durante la ejecución de su trabajo de 16 a 4 parpadeos por minuto como media. ¡Hay que ver dónde cortas!

La conexión del parpadeo y la atención se ha comprobado en diversas circunstancias (Al-Abdulmunem & Briggs, 1999) e incluso en varias investigaciones con el uso de pantallas de datos (Cardona, Gómez, Quevedo, & Gispets, 2014; Skotte, Nøjgaard, Jørgensen, Christensen, & Sjøgaard, 2007), conectando la disminución de parpadeos con el empeoramiento de síntomas relacionados con la keraconjuntivitis seca o síndrome de ojo seco (Blehm, Vishnu, Khattak, Mitra, & Yee, 2005; Tsubota & Nakamori, 1993). Los factores que se analizan en estos estudios tienen en cuenta las condiciones de visionado con respecto a la pantalla, la luz del entorno, los reflejos, la calidad de la imagen o la frecuencia de refresco. Pero con respecto a los audiovisuales y su contenido, las investigaciones sobre su influencia en la frecuencia del parpadeo son escasas.

Desde el Dynamic Brain Network Laboratory, en el Graduate School of Frontier Biosciences de la Universidad de Osaka, en Japón, la profesora Tamami Nakano investiga, desde 2002, qué pasa cuando parpadeamos mientras ejecutamos actividades cotidianas: observando, conduciendo, escuchando. En su trabajo *Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories* (Nakano et al., 2009), independientemente de Walter Murch, investiga si los parpadeos de los espectadores de un video se sincronizan de alguna manera con el contenido visual del mismo.

Nakano y sus compañeros postulan que nuestro cerebro debe escoger el momento de parpadeo para minimizar la pérdida de información. Si miramos un audiovisual, cabría esperar que parpadeemos en función del final o comienzo de los eventos que observamos. Sin embargo, el montaje de imágenes hace impredecible el momento exacto adecuado para no perdernos nada. Por ello, Nakano y colegas no van a estudiar el parpadeo asociado al montaje, sino que buscan esos parpadeos que suceden durante los eventos visuales en momentos que inconscientemente consideramos no vitales para la comprensión de la escena. Pero, y aquí recordamos a Murch, demuestran que los momentos de los parpadeos se sincronizan, mucho pero inconscientemente, entre los espectadores en instantes en que los eventos requieren menos atención, como puede ser al final de una secuencia, cuando el protagonista no está en imagen, cuando se repiten eventos o en planos generales.

Para ello, Nakano et al. (2009) investigaron los parpadeos espontáneos de 14 sujetos mientras miraban dos videoclips mudos. Uno de los videos, el que importa para el experimento, consistía en secuencias de la serie cómica de televisión británica *Mr. Bean* del actor Rowan Atkinson. El otro, eran imágenes de recurso de paisajes tropicales o peces en una pecera sin ninguna estructura narrativa aparente, pero con cambios de escena. La media de parpadeos de los sujetos (*blink rate*, BR) durante el visionado de los videos fue de 16.6 min^{-1} , muy inferior a la media de parpadeos en estado de reposo: 24.2 min^{-1} . En el otro video no hubo diferencias tan marcadas. La disminución de parpadeos durante el visionado de las imágenes de *Mr.Bean*, Nakano y colegas la atribuyen a una estrategia del cerebro de los espectadores para minimizar la pérdida de información.

Para demostrarlo, había que comprobar si los parpadeos durante este visionado eran aleatorios o respondían a momentos determinados de la narración. Para ello, compararon los tiempos de parpadeo entre momentos de referencia y el resto de estímulos. Para cada parpadeo de referencia, buscaron el parpadeo más próximo en los estímulos y midieron la asincronía o distancia entre ambos. Comprobaron entonces que existía una distribución normal y desearon, con datos aleatorios, la hipótesis nula de que los parpadeos aparentemente sincronizados ocurriesen por casualidad. Acto seguido, construyeron un histograma para cada sujeto y examinaron qué parpadeos que seguían a cambios de escena contribuían a la sincronización de parpadeos y discriminaron cuales ocurrían después de un periodo de supresión. Si algunos parpadeos se producían sincrónicos entre sujetos, podía ser por los saltos de imagen. Vieron que no, que se producían con más frecuencia bastante tiempo

después. Entonces, buscaron en la narración, el posible motivo de los parpadeos. En general, los parpadeos se inhibían cuando el protagonista estaba interactuando y se producían cuando las escenas eran menos animadas o no tenían acción.

Concluyeron que los parpadeos espontáneos se sincronizaban entre los espectadores cuando veían la misma historia. Esta sincronización no se observó en el video de referencia de los planos tropicales o de la pecera. La sincronización necesitaba que hubiese una historia, pero la necesidad de seguirla no era motivo único para la sincronización del parpadeo. La sincronización ocurría cuando los espectadores seguían la historia extrayendo información del flujo audiovisual. Dado que las escenas son impredecibles en cuanto a su final, la sincronización del parpadeo sugiere que el cerebro busca implícitamente y de manera activa pero inconsciente, un tiempo adecuado dentro de la escena, más que un tiempo externo relacionado con esa misma escena. De hecho, los parpadeos se producían en momentos que parecían de menos importancia, cuando no estaba Mr. Bean en pantalla, durante planos generales o cuando se repetían acciones.

Nakano conecta aquí con las investigaciones de Uri Hasson, el investigador que acuñó el término neurocinemática (Hasson et al., 2008b). Este investigador, desde Tel-Aviv y luego Stanford, puso, en una famosa investigación con resonancia magnética funcional (fMRI) (Hasson et al., 2004), a varios sujetos a visionar durante media hora un fragmento de la película *The Good, the Bad and the Ugly* (Leone, 1966). Encontró una correlación en los estados cerebrales entre los sujetos, relacionada con la emoción de lo que se veía y el interés en componentes de la acción. A su pregunta sobre si los cerebros trabajan igual ante los mismos estímulos, obtuvo una total sincronización en diversas áreas corticales. No sólo las relacionadas con la vista o la audición, sino también con la corteza asociativa.

Parece claro que los seres humanos comparten un mecanismo que controla los momentos de los parpadeos, un sistema que busca el momento adecuado para evitar pérdida de información del flujo visual que recibe. Este sistema está relacionado con el sistema de la atención visual y contribuye a la percepción estable a pesar de la interrupción que suponen los parpadeos en la visión. Posteriormente veremos lo que se sabe de sus bases neurofisiológicas.

Tamami Nakano ha continuado explorando el fenómeno del parpadeo en el proceso comunicativo. Ha demostrado que los parpadeos también se sincronizan entre los oyentes y el

que habla en una conversación (Nakano & Kitazawa, 2010). Esto ocurre preferentemente al final o en las pausas del discurso. Encontró también, que los oyentes suprimían los parpadeos justo antes de que el conferenciante parpadeara al comienzo de su discurso. Cree que esto indica un incremento de la atención ante el esperado flujo de información. Siguiendo este camino del sistema atencional, profundizó en averiguar qué actividad cortical reflejan estas interrupciones y qué pasa en nuestro cerebro durante el flujo comunicativo (Nakano et al., 2013). Encontró una conexión de los parpadeos con la activación del supuesto *Default Mode Network* (DMN), que podríamos traducir como Red Neuronal por Defecto (usaremos la abreviatura y voz inglesa, consolidada en la literatura).

La hipótesis de la DMN postula la existencia de una red interconectada de regiones cerebrales que están activas cuando una persona no está pendiente del mundo exterior, pero el cerebro está en un estado de descanso despierto o ensoñación. En actividades que requieren atención externa, el cerebro experimentaría una supresión de su actividad.

La actividad de la DMN se ha constatado sin duda en multitud de experimentos con fMRI aunque hay dudas sobre su significación (Raichle et al., 2001). También se ha caracterizado a través de técnicas de EEG (Chen, Feng, Zhao, Yin, & Wang, 2008; Knyazev, Slobodskoj-Plusnin, Bocharov, & Pylkova, 2011). Estaría localizada en el córtex cingulado posterior y en el córtex prefrontal medial (Yan et al., 2009), también se suele añadir zonas del córtex parietal. La actividad de estas zonas sería mucho mayor en estado de reposo que en momentos de carga cognitiva. Lo interesante sería entender el mecanismo supresor de la actividad y el porqué (Greicius, Krasnow, Reiss, & Menon, 2003). No hay diferencia cuando el sujeto abre o cierra los ojos al contrario que pasa con otros ritmos cerebrales como el alfa, que se reduce al abrirlos. Su existencia es conocida hace tiempo y se teoriza su importancia para el diagnóstico de disfunciones y enfermedades como la esquizofrenia y el mal de Alzheimer (Buckner, Andrews-Hanna, & Schacter, 2008). No obstante, también se ha puesto en cuestión la interpretación e importancia del DMN. Se debate si la interpretación de esa actividad está sobrevalorada o representa otro tipo de actividades semejantes a las estudiadas en paradigmas de carga cognitiva conocidas. El problema es que su reconocimiento implica reinterpretar otros resultados a partir de su relación con esta actividad, y hay quien duda de que se haya dado con su significado o que sea significativa (Morcom & Fletcher, 2007a; 2007b).

Sí sigue siendo muy interesante que el cambio de actividad y la supresión perceptiva durante los parpadeos, muestran una compleja relación entre la atención y los movimientos oculares (sacadas) y extraoculares (parpadeos). Los procesos atencionales y oculomotores en redes neurales parietales, frontales y temporales se activan de manera integrada, no sólo hay integración funcional, sino que atención y movimientos oculares comparten las mismas áreas anatómicas (Corbetta et al., 1998). Y Nakano, junto con sus colegas, sí demuestra que en el visionado de audiovisuales, los parpadeos están directamente relacionados con la supresión de la atención desactivando la red atencional dorsal, bien conocida. Si eso se correlaciona con la activación de la DMN momentáneamente, o lo llamamos de otra manera, lo que importa es que merece un estudio futuro cuidadoso (Nakano et al., 2013). Partiendo de que hay una sincronización en los parpadeos de los espectadores audiovisuales y su carga cognitiva, cobra mucho interés para nuestra investigación averiguar si habrá diferencias en la frecuencia de parpadeo en función del tipo de montaje o la observación de la realidad y la especialización profesional o no de sus espectadores.

3.5.2. Las respuestas de Tim Smith

“Vision scientists can learn a lot from formalizing and testing the intuitions of filmmakers”
Tim J. Smith, 2012

Tim Smith, en su tesis doctoral, desde el Institute for Communicating and Collaborative Systems de la School of Informatics en la Universidad de Edimburgo, sí que se preocupa explícitamente de las intuiciones de Walter Murch y está interesado en los momentos de corte en el montaje desde las Ciencias de la Comunicación (Smith, 2005).

Smith propone una teoría atencional de la continuidad en el montaje (*Attentional Theory of Cinematic Continuity*, AToCC). Las reglas de la continuidad del montaje son bien conocidas en Ciencias de la Comunicación y la teoría cinematográfica, como hemos visto, pero sus bases cognitivas, no.

La AToCC pone énfasis en el papel del espectador en el flujo narrativo. Para entender el montaje cinematográfico es fundamental comprender las reglas de la continuidad narrativa y por qué son comprendidas por el espectador. Para ello, una narración audiovisual clásica debe resolver: que el salto visual provocado por el corte, no nos llame la atención, que el espectador tenga asumida la continuidad existencial de los eventos mostrados y que las expectativas asociadas a esa continuidad se puedan resolver después del corte (Smith, 2005; 2012). El enfoque seguido, ya familiar para nosotros, es que el cine potencialmente es una analogía de la percepción del mundo real. Los audiovisuales manifiestan, concentradamente, las limitaciones, las constricciones o lo que asumimos cuando resolvemos las percepciones de la realidad. Todo ello conecta con las teorías ecológicas y cognitivas de las películas (Anderson, 2013; Cutting, 2005; Fisher-Anderson, 1999).

De manera coherente con lo que hemos visto con Schwan e Ildirar (2014) o Bordwell (1995), algunas técnicas de edición como el fundido y el encadenado han sido desarrolladas como convención para indicar el paso del tiempo, aunque la mayoría de recursos de edición

responden con nuestras capacidades cognitivas existentes en nuestra relación con la realidad. Pero esto no es suficiente para explicar los sorprendentes recursos y saltos que se usan en la edición. Hay cambios bruscos de lo que vemos, se superponen escenas lejanas en espacio o tiempo o desaparecen acciones redundantes en elipsis. Para Smith (2005; 2012), la clave está en la continuidad cognitiva a pesar de los saltos.

Saltar esta continuidad, aparentemente, está en la fundación del cine y su paso al llamado Modo de Representación Institucional, MRI, (Burch, 1970). Era lógico liberar el cine de las constricciones narrativas del teatro y brindar información cercana de los detalles de la escena. Muchos manuales prácticos o teóricos de montaje desde el punto de vista clásico, dedican hoy mucho espacio a las reglas o recetas para evitar los saltos bruscos en la narrativa de las películas (por ejemplo: Rabiger, 1998; Reisz & Millar, 1971). Sin embargo, hemos visto cómo Walter Murch cuestiona que el criterio de continuidad sea prioritario en los cambios de plano, dando más importancia a la emoción, por ejemplo (Murch, 1995). La continuidad parece estar relacionada con una ilusión en la mente del espectador y no en una característica del estímulo visual en sí mismo (Smith, 2012). Comprender la continuidad de percepción en nuestro mundo real parece fundamental para comprender los saltos en el montaje cinematográfico.

Todos asumimos que si cerramos los ojos, el mundo va a seguir ahí cuando los abramos. Pero la captación del mundo en nuestro cerebro dista mucho de ser continua, como hemos visto. El parpadeo, por ejemplo, oculta el flujo visual entre 150 y 400 milisegundos (Shapiro & Raymond, 2008; Skotte et al., 2007; Stern, Boyer, & Schroeder, 1994; VanderWerf, Brassinga, Reits, Aramideh, & Ongerboer de Visser, 2003). Además, como vimos anteriormente, los ojos no paran de moverse mediante las sacadas y es, sólo en los momentos de fijación, tras el proceso de supresión sacádica, cuando extraemos información visual. Estos movimientos son rapidísimos, entre 20 y 50 milisegundos (Castet, Jeanjean, Montagnini, Laugier, & Masson, 2006; Rottach et al., 1998; Thiele, Henning, Kubischik, & Hoffmann, 2002). Y las fijaciones duran en torno a 300-400 milisegundos (Rucci & Desbordes, 2003). Cada fijación se suma a nuestra memoria de trabajo para construir una experiencia estable de la realidad. Si cambia algo de la escena que miramos durante los instantes en que nuestro ojo se está moviendo, o algo cambia muy rápido inesperadamente o inatencionalmente, cosa que no suele pasar en el mundo estable cotidiano en tan poco espacio de tiempo, no lo advertiremos y continuaremos con la percepción previa almacenada. Los psicólogos llaman a

esto ceguera al cambio, *change blindness* en la literatura anglosajona (Rensink, O'Regan, & Clark, 1996; Tatler, Gilchrist, & Rusted, 2003).

Si el observador de una escena no detecta los cambios, falla en la comprobación de los cambios de la escena y su comparación con lo que hay en su memoria de trabajo. Anne Treisman a partir de su teoría sobre la atención integrada, demuestra que esta comparación se hace sistemáticamente y en serie (Treisman & Gelade, 1980). Posteriormente lanzó una teoría sobre el mapa Booleano, que postula que la atención está concentrada en un mapa de características de los objetos que sólo almacena un valor por dimensión del objeto (Huang, Treisman, & Pashler, 2007). Por ejemplo, en esto que hipotéticamente presto mi atención, el color es azul y el movimiento es hacia arriba. Las características de un objeto en una posición, se asocian. En diferentes localizaciones, no. No podríamos ser conscientes de más de un valor por característica del sujeto. Esto aparentemente entra en contradicción con nuestras introspecciones sobre el mundo, donde parece que no vemos únicos valores de cada objeto, sino una rica experiencia de las escenas. Treisman cree que lo que pasa es que nuestra experiencia integrada del mundo en estas escenas, muestran cosas que no están pasando el mismo momento (Huang et al., 2007). Nuestra conciencia no reflejaría lo que tenemos en la mente en un instante determinado, sino lo que podemos recuperar mediante un acto de volición. Esto conecta con lo que Kristof Koch y Francis Crick llamaron el problema de la integración con el concepto del tiempo (Crick & Koch, 1990; Koch, 2005; Tononi & Koch, 2008). Nuestra aparentemente rica experiencia visual es en realidad una sobrevaloración de lo que realmente tenemos disponible en nuestra memoria, como muestran las investigaciones de la ceguera al cambio.

Clásicamente, los magos han hecho uso similar de estas técnicas de ceguera al cambio para hacer escamoteos atencionales. Las técnicas de *misdirection* son bien conocidas por los profesionales de la magia (Etcheverry, 2000; Fraps, Thun, & Willich, 1999; Martín-Pascual, 2006) y recientemente han captado la atención de los neurocientíficos, mostrándose como un interesante campo de estudio (Macknik et al., 2008; Martínez-Conde & Macknik, 2008). Pero cuando nos introducimos en las imágenes cinematográficas, el tema se complica. Miramos una pantalla, entran y salen actores, cambia el punto de vista. No sólo debemos atender a una escena sino a cómo se combinan esas escenas con las reglas del montaje (Levin & Wang, 2009). La AToCC asume que los espectadores cinematográficos no construyen una representación espacio temporal detallada de las escenas. Esa representación es redundante

para la comprensión narrativa. Durante un corte, el observador tiene un flujo de expectativas de lo que pasará, pero su atención está en muy pocas características localizadas de la acción (Smith, 2005). Si el cambio no responde a esas expectativas, el cambio de plano se percibirá. Las reglas de la continuidad en la edición intentan minimizar ese cambio que, según Smith, se produciría en tres etapas: atención al corte de plano, mantenimiento de la atención en el corte y cumplimiento de expectativas tras el cambio de plano.

¿Cómo encajan aquí las presunciones de Murch (1995) sobre el parpadeo y el cambio de plano? Recordemos algunas sus propuestas en forma de pregunta:

¿Puede ser que el parpadeo refleje la comprensión del espectador de una película?

¿Se sincronizan los parpadeos de los espectadores de una película con su montaje?

¿Hay un parpadeo objetivo que nos avise y oculte cuando hay que cambiar de plano?

Smith opina en 2005 que la frecuencia de parpadeo no puede aplicarse a la comprensión de tareas audiovisuales (Smith, 2005). De hecho, en tareas donde hay que responder a estímulos visuales, hemos visto que la frecuencia de parpadeo disminuye. Cree que el parpadeo como puntuación de procesos cognitivos o de atención no es conocido. Pero hemos visto con Nakano et al. (2009), que los parpadeos se producen en momentos de menos atención hacia el contenido de un audiovisual. Y precisamente, su inhibición es marca de atención al flujo narrativo. En 2012, Smith, con Levin y Cutting, reconocen las investigaciones de Nakano y que, efectivamente, sí se produce una sincronía de parpadeos entre espectadores, mostrando una comprensión implícita de la narrativa (Smith et al., 2012).

En cuanto al parpadeo y su equivalencia con el corte de plano, Smith reconoce la posible conexión, pero cree que hay que relativizar su importancia. Los movimientos oculares rápidos, las sacadas, deben ser también representativos, especialmente después de un corte de plano, cuando hay que explorar una nueva escena. Las sacadas largas van acompañadas frecuentemente de un parpadeo y podrían ser análogas al papel del parpadeo en un cambio de plano. Hay una subjetividad grande en el comportamiento del montador cuando elige qué duración debe tener un plano para ser comprendido. Si el plano es más corto de lo que necesita el espectador para comprender las claves de la escena, puede que no se entienda el corte. Pero claro, esa puede ser también la intención del montador. Smith opina que ese tiempo depende de las fijaciones que necesite el espectador, los movimientos de búsqueda y

los patrones de supresión y atención (Smith, 2005). También dependerá del flujo narrativo. Como consecuencia de esto, Smith cree que los parpadeos *no* coinciden con los cortes de plano. Para ello invoca un estudio, no publicado, de *eyetracking*, donde no se observa que alrededor de los cortes haya una coincidencia de parpadeos (Whitwell, 2005). En este estudio, Whitwell cree que la frecuencia de parpadeos debería elevarse en todos los sujetos si Murch tuviese razón. Pero sabemos que el parpadeo disminuye en función de la atención, como vamos a investigar. Y la cuestión es que no debe elevarse la frecuencia de parpadeos, sino sincronizarse en torno a cambios clásicos de plano. Ya hemos visto que Nakano demostró que *sí* era así. Asimismo, lo importante no es tanto el aumento de frecuencia sino, precisamente, su inhibición durante acciones en la escena (Nakano et al., 2009). Por último, ¿puede un parpadeo ocultar un corte de plano? Ya sabemos que sí, según las reglas de la continuidad clásica (Bordwell & Thompson, 1995; Reisz & Millar, 1971), el corte ideal debe ser “suave” para ello (Dmytryk, 1984). Cuando un editor usa esas reglas, tiene oportunidades de que el cambio no sea advertido. Smith así lo reconoce y pasó en 2008 a efectuar unos interesantes experimentos, los primeros, sobre lo que denomina *edit blindness*, ceguera a la edición (Smith & Henderson, 2008). La ceguera a la edición, *edit blindness*, pondría de manifiesto si los productos audiovisuales producen o combinan algo parecido a lo que la ceguera al cambio, *change blindness*, ya comentada, y la ceguera de no atención, *inattentional blindness*, producen en la realidad. La *inattentional blindness* añadiría el factor de actividad distractora y la dimensión del discurso narrativo para enmascarar los cambios. Son bien conocidos los experimentos de ceguera atencional en que se pide contar el número de pases de pelota de unos sujetos, mientras un gorila atraviesa la escena sin que, frecuentemente, seamos conscientes de ello (Most, Simons, Scholl, & Chabris, 1999; Most, 2010; Rattan & Eberhardt, 2010).

Para comprobar si esta ceguera a la edición está presente en mayor o menor grado si seguimos las reglas clásicas de la continuidad en el montaje, Smith proyectó fragmentos de siete películas a un grupo de espectadores, pidiéndoles que detectaran los cortes mientras veían la película. Se presentaban saltos de escenas, cortes dentro de la escena, cortes durante un movimiento o acción y cortes ayudados por la dirección de la mirada de los actores. Utilizó la técnica de *eyetracking* para identificar si los cortes no advertidos coincidían con periodos de ceguera al cambio como sacadas o parpadeos. Aunque las condiciones y el protocolo fue algo subjetivo, puesto que los sujetos estaban muy motivados para detectar cambios, la existencia de *edit blindness* quedó puesta de manifiesto. El porcentaje de cortes no advertidos alcanzó el 15.8% de todos los cortes. Los cortes no se advirtieron, sobre todo, cuando tenían lugar en la

misma escena y los que basaban su edición en las acciones, o se hacían durante el movimiento de actores. Fueron más advertidos los que suponían saltos de escena, como era de esperar, pero también los que se basaban en la dirección de las miradas. Pero en el caso de los parpadeos, los resultados fueron pobres, como era lógico. La posibilidad de que un parpadeo ocurriese en el momento exacto de un corte era muy baja, un 1.2%. El porcentaje de cortes detectados que coincidieron con un parpadeo fue de 1.09% y los cortes inadvertidos, un 1.06%. Anecdóticamente, pero interesante, los resultados por película en cuanto a cortes inadvertidos que coincidían con parpadeos, fueron: *Blade Runner*: 2.3%, *Citizen Kane*: 4.8%, *Dogville*: 0%, *Requiem for a Dream*: 0.93%, *Dancer in the Dark*: 0% y *Koyaanisqatsi*: 0% (Smith & Henderson, 2008).

Smith, desde la psicología y las técnicas de *eyetracking* ha continuado con sus experimentos, con fragmentos de video sin editar (Smith & Mital, 2013) y cómo los niños ven televisión (Smith, 2015) conectando, además, con David Levin y las investigaciones que vimos de Cutting sobre las duraciones de los planos en el *Hollywood style* y su conexión con la atención y la memoria en la continuidad de las acciones (Cutting, 2005; Smith et al., 2012). Por otro lado, junto con Ana Vilaró del grupo Transmedia de la Universidad Autónoma de Barcelona, ha investigado en la percepción de los subtítulos en audiovisuales, con la interesante conclusión de que la comprensión de los audiovisuales no se empeora con la subtitulación, a pesar de la exigencia cognitiva (Vilaro, Orero, & Smith, 2013).

Cabe pensar que sería muy extraño que en una escena de la vida real no advirtiéramos un cambio semejante a los cortes y saltos de los planos cinematográficos. La ceguera a la edición estaría sólo presente en el visionado de las películas, por la fragmentación de la narración y la conciencia de estar viendo una película y no la realidad. Pero no siempre es así. Hay saltos atencionales en el mundo real muy parecidos. Levin y Simons demostraron que en el mundo real podemos sustituir un entrevistador por otro y sólo la mitad de los encuestados lo advirtieron (Levin & Varakin, 2004; Simons & Levin, 1998). Hay profundas conexiones entre la percepción fílmica y las representaciones espaciales en el mundo real (Levin & Wang, 2009).

La AToCC fue un buen intento fructífero, en 2005, para el estudio atencional del cambio de plano, pero ha tenido que actualizarse cognitivamente con el alud de nuevas investigaciones que comienzan a mostrar un modelo cognitivo coherente de la segmentación

narrativa de escenas y la percepción de las películas como modelos de la realidad (Dudai, 2008; Hasson et al., 2008a; Magliano & Zacks, 2011; Zacks et al., 2010).

Las intuiciones de Murch, si bien deben ser matizadas en cuanto a la correspondencia de la necesidad de cambio de plano con un parpadeo, muestran una idea muy fecunda para investigar la comprensión de los audiovisuales por parte del espectador. También tiene razón Murch cuando no da importancia a muchas reglas de edición frente a la emoción (Murch, 1995). Las reglas del montaje no son una gramática del film. En un lenguaje, la violación de la gramática lleva a crear frases incomprensibles. En las películas, la violación de esas reglas pueden llevar a resultados efectivos. En cierta manera, muchas reglas del montaje presuponen que el cineasta no debe dejar que el espectador sea consciente de sí mismo (Cutting, 2005). Y si se saltan esas reglas, la conversación cambia y la película puede ser más interesante, o el espectador será consciente de sí mismo en el contexto o el espectador perderá la atención en el flujo narrativo.

Hay algo que trasciende el corte de plano. Y el papel del parpadeo en los audiovisuales debe investigarse. Pone de manifiesto la punta de un iceberg en la percepción de la realidad que apunta hacia unos mecanismos vitales para la comprensión del montaje audiovisual y sus productos.

Tiene mucho interés que nos enfrentemos a nuestra investigación sobre la frecuencia e inhibición del parpadeo en distintos tipos de montaje audiovisual, por ejemplo clásico *MRI* o *Hollywood style* y post-clásico *MTV style*, y ver cómo espectadores profesionales y legos se enfrentan a esas modalidades narrativas, presentes en multitud de productos audiovisuales. Vamos a caracterizar ahora otro de nuestros objeto de estudio, el parpadeo.

3.6. El parpadeo

“Look at that lamp. Now look at me. Look back at the lamp. Now look at me. Do you see what you did? You blinked. Those are cuts. After the first time you know that there’s no reason to pan from me to the lamp, because you know what’s in between. Your mind cuts. You behold the lamp. And you behold me. So in cutting the scene you cut with the physiology”

John Huston, 2001

Si vemos fisiológicamente el ojo como un apéndice del cerebro o una excrecencia del mismo, convendremos que los ojos suponen una porción de cerebro en contacto con el medio exterior. Los ojos suponen una ventana privilegiada del cerebro y eso explica en parte lo intenso de su estudio por parte de las neurociencias. El estudio del comportamiento ocular nos puede dar muchas pistas sobre cómo nos relacionamos con el mundo exterior e interpretamos nuestra realidad.

En los seres humanos, la visibilidad de los ojos está regulada por los párpados, que ponen de manifiesto muchas funciones sorprendentes además de las protectoras, lubricantes y oclusivas de la luz. Estas funciones se manifiestan en el fenómeno del parpadeo.

Algo aparentemente sencillo se vuelve de una complejidad sorprendente, pero reveladora. Usamos la expresión “en un abrir y cerrar de ojos” para significar un evento que es demasiado rápido para nuestra percepción. El parpadeo es algo que no existe en nuestra conciencia mirando la realidad... hasta que pensamos en ello ¿o acaso no le está pasando a usted, lector? Este trabajo aborda el fenómeno del parpadeo en relación con la percepción de los audiovisuales y la diferencia con respecto a la percepción de acciones reales.

Clásicamente se atribuye al fenómeno del parpadeo una serie de funciones razonables: distribuir la lágrima en forma homogénea sobre la superficie ocular, favorecer la circulación

lagrimal sobre la superficie ocular, evitar el deslumbramiento por exposición del ojo a luz excesiva, proteger al ojo de proyectiles y de la desecación por exposición al aire (Franckowiak, 2007).

Más allá de estas funciones atribuidas al parpadeo, este presenta una serie de características que permiten estudiar fenómenos cognitivos complejos, procesos de atención e incluso tiene utilidad como marcador de deficiencias cognitivas o diagnosis de enfermedades complejas. Todo el sistema oculomotor y mucho más allá, interactúa con el fenómeno del parpadeo.

Seguidamente veremos las bases fisiológicas y neurofisiológicas conocidas del parpadeo y cómo se utiliza hoy para el diagnóstico de diversos desórdenes. Después volveremos a nuestra investigación del parpadeo como marcador de atención en audiovisuales según el tipo de edición de planos y los espectadores del audiovisual.

3.6.1. Anatomía del Párpado

“The least touchable object in the world is the eye”

Rudolf Arnheim, 1989

Los párpados en los seres humanos son dos pliegues muy delgados y susceptibles de moverse, situados delante de los ojos, con una primera función obvia de protegerlos mediante su rápido cierre. Los párpados superiores son más grandes y pueden efectuar movimientos más amplios. Párpados superiores e inferiores están unidos por los extremos, y la abertura elíptica para visión, cuando están abiertos, se denomina *hendidura palpebral*. Los extremos de la hendidura se denominan *cantos* o *ángulos*. El *canto interno* se prolonga hacia la nariz y allí donde se unen los párpados se presenta un espacio con forma de triángulo, el *lago lacrimal*, donde está la rosada *carúncula lacrimal*. En la base del lago se encuentra la papila lacrimal, de forma ligeramente cónica y perforada en el extremo inferior por el orificio del *conducto lacrimal*, el *punto lacrimal*. El *punto lacrimal* apunta hacia el ojo para recibir el líquido lacrimal, las lágrimas.

En los bordes de los párpados crecen la pestañas, pelos curvos gruesos en disposición doble o triple. Los del párpado superior, más largos que los del inferior, se curvan hacia arriba. Los del párpado inferior, hacia abajo, y así las pestañas no se enredan cuando los ojos se cierran. Las *glándulas sebáceas ciliares* encaran los folículos de las pestañas y las mayores *glándulas sudoríparas ciliares* la piel circundante. Las *glándulas tarsales*, también llamadas glándulas de Meibonio en la parte interior del párpado, se abren en los bordes libres de pestañas del párpado. Son glándulas sebáceas modificadas cuya secreción oleosa se extiende por el borde de los párpados recubriendo las lágrimas de una fina capa oleosa tras el parpadeo, reduciendo la evaporación y estabilizando la fina capa lacrimal. Las legañas serían el moco segregado, también compuesto de células epiteliales, sangre, polvo y lágrimas que ayudan a mantener el ojo cerrado en momentos de sueño, o problemas oculares que aumentan su producción, para protegerlo. Durante la vigilia, la actividad del párpado comentada dispersa su acumulación.

Los párpados desde el exterior al interior, constan de piel, tejido conjuntivo, fibras de la porción palpebral del músculo orbicular de los párpados, tejido conjuntivo submuscular, el

tarso con las glándulas tarsales citadas, el tabique orbitario y la conjuntiva (Standring, 2008), véase la figura 15. Revisiones más orientadas a la cirugía, distinguen tres capas fundamentales, muy semejantes a las de la zona nasal, con adaptaciones especiales a su función: la externa de piel, la capa media de soporte y el revestimiento interior (Spinelli, 2004). Esta tricapa casi desprovista de grasa, estaría soportada alrededor de las órbitas oculares por unos anclajes para el giro, los tendones de los *cantos* internos y externos. Veamos a continuación las raíces neurológicas y neurofisiológicas del párpado.

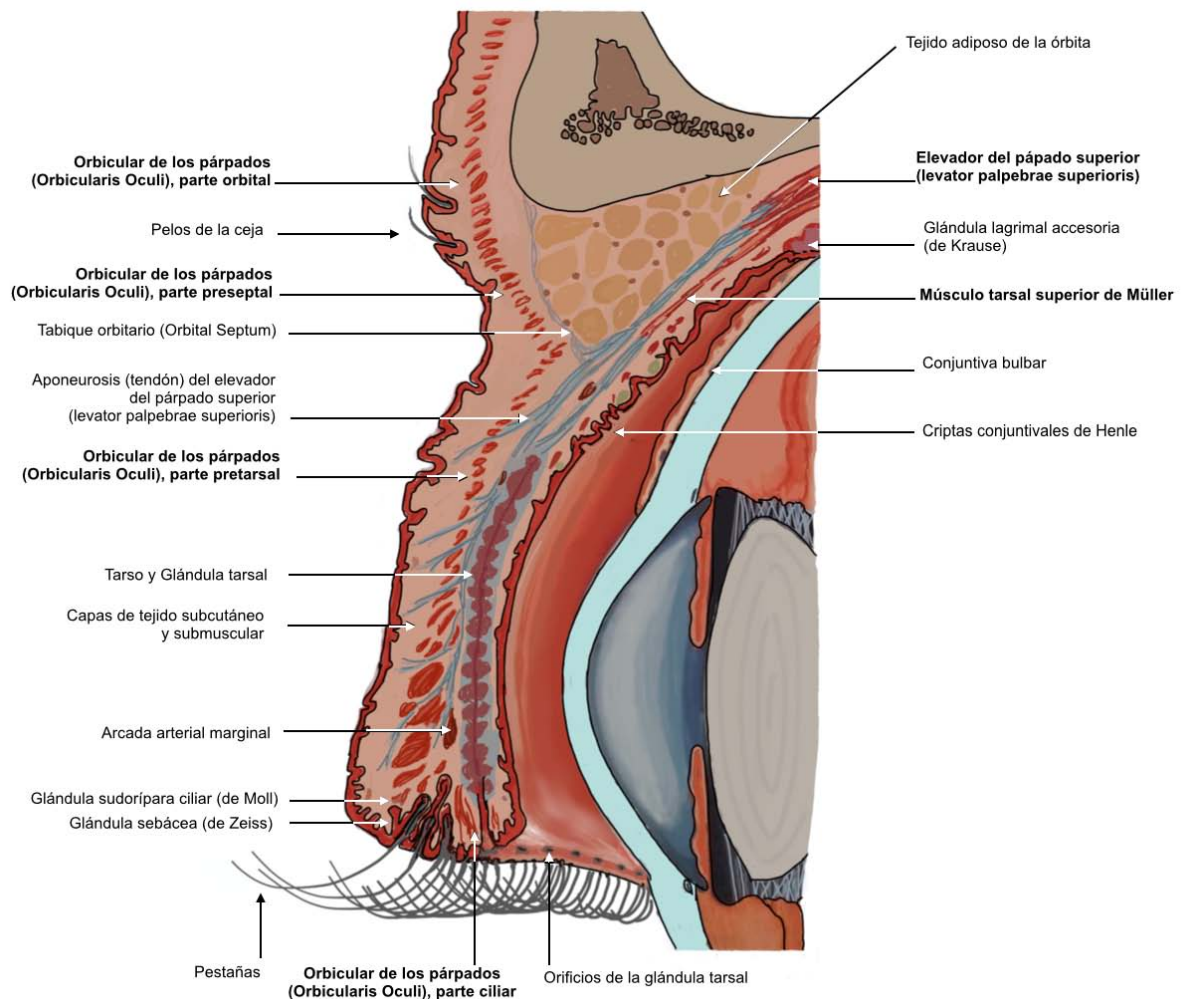


Figura 15. Anatomía del párpado superior. La sección del párpado está anormalmente ensanchada para discriminar sus partes. Fuente: ilustración del autor, modificada de Standring, 2008, Spinelli, 2004 y Axenfeld, 1976.

3.6.2. Neurofisiología del Parpadeo

“Finally, if you get tired with what you are reading, your saccades will decrease in velocity and precision, and eye fixation will become less stable, with a decrease in visual acuity. If your attention is completely disconnected from the text, your eyes will probably stay motionless at the center of the orbits, your lids will close, the tone of your neck muscles will decrease, and you will have a restorative nap on the journal”

José María Delgado-García, 2000

Cada pocos segundos parpadeamos y, sólo si somos conscientes de ello, el mundo desaparece. Como hemos visto, hay parpadeos que ocurren en momentos psicológicamente muy interesantes. La frecuencia de parpadeo disminuye con tareas que necesitan concentración y actividad mental intensa, ya sea durante operaciones quirúrgicas (Wong et al., 2002), haciendo cálculos matemáticos o soñando despiertos (Holland & Tarlow, 1975; Holland & Tarlow, 1972; Karson, Berman, & Donnelly, 1981). O se inhibe en momentos de atención a un audiovisual (Nakano et al., 2009), como también investigamos en este trabajo. Sin embargo, cuando parpadeamos, un mecanismo muy sofisticado bloquea la información visual 50 milisegundos antes del comienzo del parpadeo, a este mecanismo, ya citado, se le denomina supresión perceptiva del parpadeo. Se cree que su funcionamiento es semejante, incluso relacionado, al de la supresión sacádica (Ridder & Tomlinson, 1997). Estudios más recientes con técnicas de neuroimagen han podido seguir el proceso. Hay una supresión en regiones parietales y prefrontales durante el parpadeo que parecen representar un mecanismo de supresión de la conciencia de cambios en las entradas visuales durante el parpadeo. Por un lado, hay una supresión de la conciencia de bajar el párpado y la consiguiente disminución de iluminación en la retina en los núcleos geniculados laterales (LGN), y las áreas visuales V1 y V3. Por otro lado, en zonas frontales también se observa actividad (Bristow, Frith et al., 2005; Bristow, Haynes et al., 2005). Hay una supresión de frecuencias selectivas, en concreto en la vía magnocelular, que nos insensibiliza a los cambios temporales a lo largo de los parpadeos

para mantener una visión estable del mundo. Veamos la mecánica del párpado en el acto de parpadear.

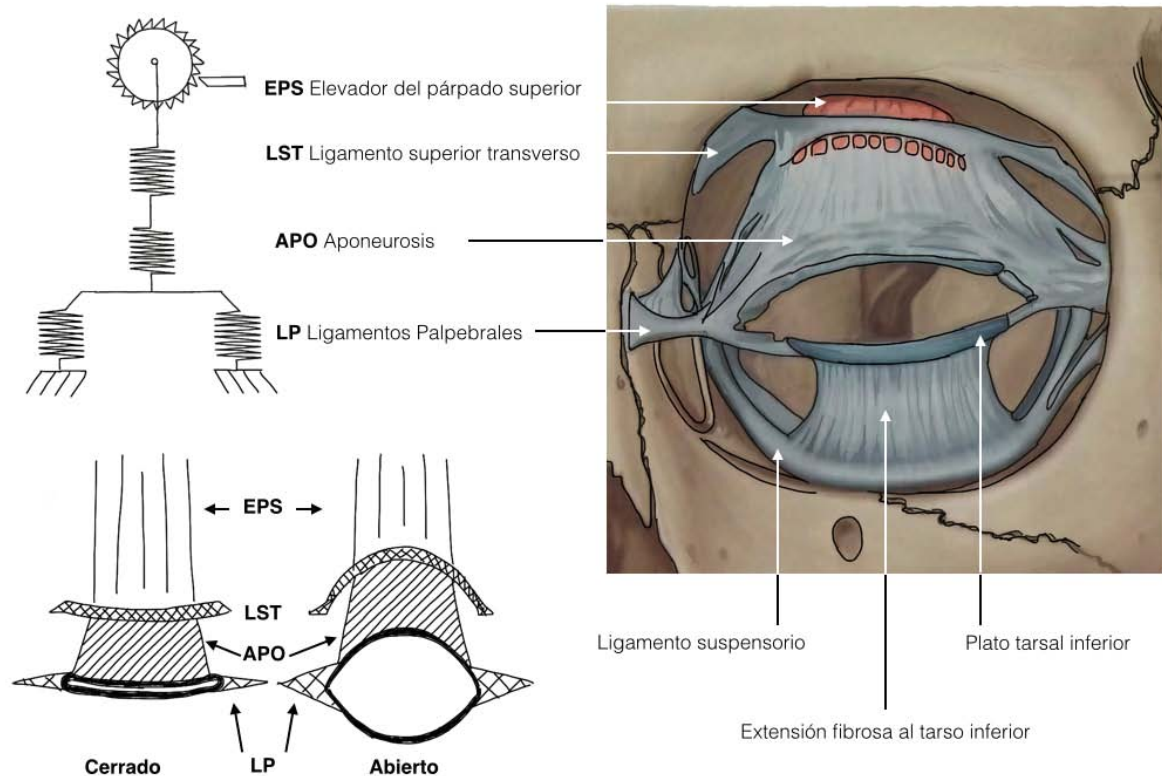


Figura 16. Esquemas de los músculos y ligamentos implicados en las fuerzas que hace el párpado superior cuando los ojos están cerrados o abiertos. Cuando el músculo elevador del párpado superior (EPS) se relaja, los párpados se cierran. Parece que la contracción de este músculo hacia arriba estiraría el ligamento superior (LST), la aponeurosis (APO) y los ligamentos palpebrales (LP). La relajación (abajo izquierda y arriba) del EPS liberaría la fuerza hacia abajo retenida por los tendones y el párpado bajaría. El modelo mecánico muestra una llave dentada que representa la conmutación que se haría para producir la fuerza pasiva descendente de bajar los párpados. Fuente: dibujos del autor adaptados de Evinger, Manning, & Sibony, 1991 (izquierda) y Gray's Anatomy edición de Standring, 2008 (derecha).

El movimiento del párpado superior está definido por tres fuerzas: dos músculos fijados al hueso, un músculo blando y una fuerza pasiva debida al diseño mecánico del párpado (fig. 16). Las fuerzas dominantes son las de los dos músculos, el elevador del párpado superior que levanta el párpado y lo mantiene abierto, y el orbicular de los ojos, normalmente relajado, que los cierra. El músculo tarsal superior de Müller (fig. 16), que sale como prolongación del elevador de los párpados y se inserta en el plato tarsal superior, brinda una fuerza adicional hacia arriba. Por último, el diseño de los ligamentos palpebrales producen una fuerza continua y pasiva hacia abajo (Evinger et al., 1991). Así pues, los párpados se cierran cuando se relaja el músculo elevador que los mantiene abiertos. Esto funciona incluso si nos

colocamos cabeza abajo. En contra de la intuición, el cierre de los párpados no ocurre por la fuerza de la gravedad, sino por la liberación de las tensiones acumuladas en los tendones y aponeurosis (fig. 16) tras la relajación del músculo elevador de los párpados (Delgado-García, 2003). La inervación motora palpebral proviene del nervio facial (VII) que inerva la porción del músculo orbicular del ojo, el nervio oculomotor (III) que inerva el músculo elevador del párpado superior y las fibras simpáticas que interesan al músculo tarsal superior de Müller (Standring, 2008). Muchos estudios implican en el proceso a las vías dopaminérgicas.

El sistema motor de los párpados que debe mover el párpado, evidentemente, presenta una carga constante y pesa muy poco. Parece que el músculo orbicular de los párpados no tiene propioceptores, por lo que en este sistema motor no hay reflejo de estiramiento. Los párpados se pueden comportar de muchas maneras. Entre muchas clasificaciones, se suele considerar que el parpadeo puede ser espontáneo, pasivo, voluntario, atencional, reflejo y condicionado. La complejidad que muestran los diversos contextos es enorme. Si actuamos y tocamos la superficie periorbital, las pestañas o la superficie del ojo, se produce un parpadeo reflejo. Pero este reflejo puede producirse también ante un estímulo excesivo, como una luz muy brillante o un sonido muy fuerte. También se parpadea para mantener húmedas las córneas, aunque esto además se puede hacer voluntariamente. También el parpadeo se relaciona, como vimos anteriormente, con complejos fenómenos cognoscitivos, al final y al principio de procesos atencionales, por ejemplo. El párpado, además, sigue los moviminetos de los ojos, sobre todo cuando miramos arriba y abajo, de tal manera que no se tapen las pupilas. No olvidemos tampoco que el párpado actúa en muchas manifestaciones y respuestas faciales, como al reír o al guiñar los ojos (Delgado-García & Gruart, 1999).

En cuanto a las bases neurológicas del parpadeo, se puede decir que han sido poco conocidas y confusas, debido a la interacción con numerosos sistemas y redes y su delicada coreografía con el sistema visual, perceptivo y atencional. Donde algo de luz ha sido dada, es en laboriosas investigaciones sobre el reflejo condicionado del parpadeo (Delgado-García, Gruart, & Múnera, 2002; Delgado-García & Gruart, 2006; Inda, Delgado-García, & Carrión, 2005). El sistema motor de los párpados se ha usado como modelo experimental repetidamente en seres humanos y animales. Los movimientos palpebrales son fáciles de registrar y las técnicas para generar respuestas reflejas y adquiridas están muy desarrolladas, sobre todo en gatos, ratas y conejos (Delgado-García & Gruart, 1999) mediante chorros de aire y tonos acústicos, por ejemplo. Una gran parte de las áreas implicadas en el movimiento

de los párpados se encuentran en el tronco del encéfalo y el cerebelo. Se supone que el cerebelo participa de los procesos de aprendizaje motor pero el panorama se complica, pues las respuestas motoras, que se elaboran paso a paso y no surgen de manera instantánea, implican a otras áreas y se distribuyen entre varias estructuras cerebrales (Delgado-García, 2003).

Se ha discutido mucho sobre el papel del córtex cerebelar o las zonas más profundas de los núcleos cerebelares en la adquisición y memorización de los parpadeos condicionados. En los tres núcleos cerebelosos, fastigial, interpósito y dentado, se han encontrado neuronas relacionadas con movimientos reflejos del párpado (Delgado-García, 2003). En concreto, los datos experimentales establecen una línea causal con el núcleo interpósito del cerebelo a través de la red de neuronas dorsomedial del núcleo rojo, en el disparo temporal y la generación de respuestas condicionadas del parpadeo. Las excitaciones de las neuronas del núcleo interpósito posterior del cerebelo facilitarían un proceso de repolarización rápida de la motoneurona del músculo orbicular de los ojos, reforzando su disparo durante las respuestas condicionadas de parpadeo. Sin embargo, parece que estas neuronas no participarían en la generación original de los parpadeos. Puede ser que haya un origen común en el córtex motor o áreas corticales asociadas que actúe como disparador y distribuya información en relación con el tiempo y la ejecución de estas respuestas condicionadas de parpadeo (Sánchez-Campusano, Caro-Martín, Delgado-García & Gruart, 2014).

El problema, como vemos, es complejísimo, de hecho, la mecánica del parpadeo no condicionado parece ser diferente en función del tiempo de ejecución, más rápido en el caso del parpadeo reflejo, más lento en el condicionado (Gruart, Guillazo-Blanch, Fernández-Mas, Jiménez-Díaz, & Delgado-García, 2000). En todo caso, el núcleo interpósito del cerebelo, parece estar claramente implicado en el aprendizaje motor de comportamientos aprendidos y su relación con el parpadeo condicionado, está probada.

Al final del proceso, aún estamos lejos de comprender el funcionamiento de la supresión perceptiva que experimentamos durante el parpadeo. Se ha encontrado, como decíamos al principio, que áreas de la zona del córtex posterior parietal y áreas occipitales, también los campos frontales oculares y suplementarios, se activan en relación al control voluntario o espontáneo de los parpadeos. La activación es superior para los parpadeos frente a las sacadas. Y sabemos que el córtex parietal superior está implicado en las transformaciones

sensoriomotoras y atencionales visuales (Bristow, Frith et al., 2005; Bristow, Haynes et al., 2005). Aquí, será suficiente para nuestro trabajo recordar que esta zona puede tener un papel determinante en controlar parpadeos influidos por la narrativa de los audiovisuales (Nakano et al., 2009; Nakano et al., 2013).

3.6.3. El Parpadeo como ayuda al diagnóstico

Ya hemos visto la importancia del parpadeo como marcador de atención. Hay muchos factores que pueden afectar la frecuencia (*blink rate*, BR, también *spontaneous blink rate* SBR) y el tipo de parpadeo. El parpadeo nos acompaña toda la vida: se ha detectado en el periodo fetal y su frecuencia se va incrementando con la edad, estabilizándose su SBR a partir de la adolescencia. Podemos establecer, con muchas variaciones, una SBR media en adultos de 10-20 parpadeos m^{-1} (Abelson, 2011; Johnston, Rodriguez, Lane, Ousler, & Abelson, 2013). Los resultados de la investigación que aquí se presenta están dentro de este rango, como veremos posteriormente. No se han encontrado variaciones de frecuencia significativas en la senectud, aunque sí una disminución de la velocidad y cinemática de los movimientos palpebrales (Sun et al., 1997). Un factor nuevo que incide mucho en la SBR desde hace treinta años, es la aparición de los ordenadores personales y el uso intensivo de sus pantallas durante tiempos prolongados. Las personas parpadean un 50% - 60% menos cuando miran la pantalla de un ordenador (Blehm et al., 2005). El síndrome visual informático (*computer vision syndrome* CVS), está bien caracterizado en cuanto a los problemas que causa al ojo y la visión como problemas de acomodación, visión borrosa, cansancio y sequedad ocular (Divjak & Bischof, 2009; Smith, 2013; Yan, Hu, Chen, & Lu, 2008).

Por otro lado, el parpadeo espontáneo, inconsciente, simétrico y, aparentemente, recurrente en ausencia de estímulo, es esencial para la claridad de la visión y para distribuir la “película” de lágrimas sobre la superficie ocular. Las personas afectadas de síndromes, parálisis o cicatrices logoftálmicas y que no pueden parpadear, desarrollan problemas severos por la exposición del ojo al ambiente, que pueden llevar a la pérdida de visión (Cruz, Garcia, Pinto, & Cechetti, 2011). El parpadeo puede ser un factor determinante en la diagnosis de enfermedades relacionadas con una disfunción de las glándulas de Meibonio (MGD), que secretan lípidos que deben estar extendidos uniformemente por la superficie ocular. Si un paciente tiene una baja SBR, esta distribución no se hace correcta o uniformemente. La medición de los parpadeos y técnicas de contraste para ver la calidad y uniformidad de la

distribución de lípidos en la superficie del ojo, llevan a un diagnóstico inequívoco (Abelson, 2011).

En un entorno más sistémico, la conexión de los niveles de dopamina con el sistema motor asociado al control del parpadeo, nos permiten explicar la afectación en la SBR de todas aquellas patologías asociadas a niveles anormales de este neurotransmisor. La enfermedad de Parkinson, es un ejemplo claro (Fitzpatrick, Hohl, Silburn, O’Gorman & Broadley, 2012). También podemos observar la influencia importante de ciertas condiciones que afectan la SBR (tabla 2).

Condición	Efecto SBR	Cambio SBR (%)
Hablar, comunicarse	↑	35-274
Privación de sueño	↑	35-45
Ansiedad	↑	25
Enfermedad de Huntington	↑	50
Depresión	↑	70
Psicosis	↑	60
Ojo seco	↑	70-167
Esquizofrenia	↑	74
Mirar o leer texto en pantallas de video	↓	53-55
Enfermedad de Parkinson	↓	37-40
Desórdenes comportamentales	↓	30
Parálisis supranuclear progresiva	↓	74
Abuso de alcohol	↓	75
Uso recreacional de cocaína	↓	46
Trastornos de atención	↓	25
Anestesia tópica	↓	22-48

Tabla 2. Efectos cuantitativos en la frecuencia espontánea de parpadeo (*spontaneous blink rate*, SBR) en diversas circunstancias. Fuente: adaptado del laborioso trabajo de Antonio Cruz y su equipo del Departamento de Oftalmología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (Cruz et al., 2011), con 27 fuentes de la literatura sobre la frecuencia espontánea de parpadeo.

Como se puede observar, la frecuencia de parpadeo se ve influida por factores internos de todo tipo, fatiga, medicaciones para el estrés, drogas y emociones (tabla 2), aparte de factores cognitivos y atencionales. El neuroticismo, la inestabilidad emocional, se ha conectado repetidamente con la ansiedad y la depresión (Griffith et al., 2010). Su conexión

con la activación de dopamina se puede aprovechar para diagnosis a través de la SBR. Tendríamos así, una vía no invasiva para medir la sensibilidad del sistema dopaminérgico y una herramienta para identificar a sujetos vulnerables a una condición psiquiátrica de mayor gravedad (Barbato, della Monica, Costanzo, & De Padova, 2012)

Hay que tener en cuenta la gran variación de patrones de parpadeo entre sujetos. Por ejemplo, a lo largo del día, sujetos que padecen el síndrome de ojo seco o queratoconjuntivitis seca, tienen diversos patrones de parpadeo, presentando periodos de compensación – parpadeos rápidos– con periodos de donde la BR disminuye. Entre esos diversos estados, la estabilidad de la película de lágrimas permanece más o menos estable, pero los periodos de baja frecuencia llevarán a la inflamación ocular (Johnston et al., 2013). Pero la variación en la frecuencia de parpadeo también puede verse influida por situaciones sociales.

Estas variaciones presentan una conexión importante, y muy interesante en esta investigación que presento, y afectan al parpadeo y el ritmo cerebral mu en experimentos sobre inhibición del parpadeo y el compromiso emocional con lo que se observa, ya sea en la realidad ya sea en pantallas (Shultz et al., 2011). Esta inhibición del parpadeo emocional también presenta una conexión diagnóstica con los desórdenes asociados al espectro autista (*Autism Spectrum Disorders, ASD*) y refleja los problemas de comunicación para sintonizar o empatizar con las actividades de otros (Nakano et al., 2011). Hablaremos de ello cuando caractericemos el ritmo mu.

3.7. La Electroencefalografía en neurocinemática y comunicación

Como hemos visto, uno de los debates más importantes que debería tener presencia en las Ciencias de la Comunicación es la relación entre la percepción de los eventos en el mundo real y los eventos mediados por los productos audiovisuales, como las películas. En este apartado no vamos a hacer una introducción a las técnicas electroencefalográficas, bien conocidas y documentadas en dos entornos muy diferentes, el clínico (Fisch & Spehlmann, 1999, entre otros) y el de investigación (Luck, 2014, por ejemplo). Sí voy a tratar las dificultades y nuevas oportunidades que existen para la investigación de la percepción de las películas y audiovisuales en Ciencias de la Comunicación. Para ello, veremos un precedente, que desgraciadamente no tuvo continuidad, pero que aún hoy sigue iluminando investigaciones neurocientíficas y, espero que pronto, también en Comunicación. Después analizaremos someramente los principios filosóficos de los ritmos cerebrales, las dificultades para su estudio y las brillantes soluciones que han facilitado a la técnica del EEG una nueva edad de oro en la investigación. Para terminar, caracterizaremos el parpadeo en la señal de EEG, el ritmo Mu y las consecuencias de la especialización profesional en la percepción, como objetos de esta investigación.

3.7.1. El precedente

Las técnicas de registro eléctrico de la actividad cerebral, el EEG, pasaron muy cerca de la investigaciones cinematográficas en 1954. Un número monográfico excepcional de la *Revue Internationale de Filmologie* publicaba una serie de artículos sorprendentes, especialmente el primero, *Modifcacion de l'E.E.G. pendant la projection cinématographique* (fig. 17).

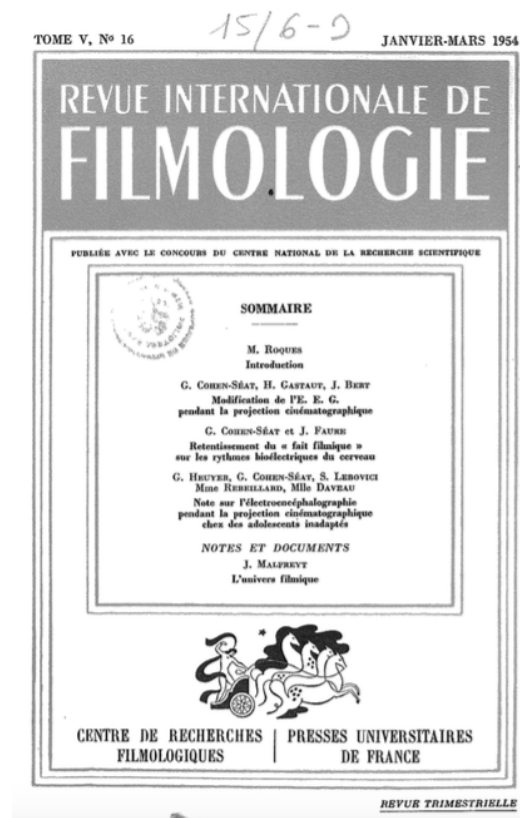


Figura 17. Portada del monográfico sobre el cerebro y el cine de la *Revue Internationale de Filmologie* de 1954. La revista fue fundada en 1947 por Gilbert Cohen-Séat, como prolongación del *Institut de filmologie*. Como dijo en la presentación: “*La filmologie consiste à parler uniquement du film de cinema*” (Leveratto, 2009). Una de las muchas acciones que consolidarían el futuro cine francés y la sociología del cine. En la revista colaborarían entre otros Georges Friedman, Edgar Morin o André Bazin. La psicología y neurología del cine, como vemos, también fue reflejada en sus trabajos. Fuente: Centre de Recherches Filmologiques, Presses Universitaires de France (Eds.) (1954). Gracias al Servei de Biblioteques de la Universitat Autònoma de Barcelona, por pedido interbibliotecario a la Biblioteca Tomás Navarro Tomás del CSIC.

En ese trabajo, firmado por Gilbert Cohen-Séat, el neurólogo Henri Jean Pascal Gastaut y Jacques Bert, desde el *Institut de Filmologie de la Université de Paris* que financió el estudio, el *Laboratoire de Neuro-Biologie de la Faculté de Médecine de Marseille* y *l'Ecole de application du Service de Santé des Troupes Coloniales*, respectivamente, siguió el camino inverso al que Uri Hasson seguiría 50 años después para refundar la neurocinemática. Efectivamente, el neurocientífico israelí Uri Hasson publicó primero sus trabajos con la técnica de la correlación entre sujetos (ISC) sobre la percepción cerebral de las películas, en revistas neurocientíficas (Furman et al., 2007; Hasson et al., 2008a; Hasson et al., 2004) y después, publicó su revolucionario trabajo sobre la neurocinemática en una revista de estudios cinematográficos, *Projections* (Hasson et al., 2008b). Henri Gastaut, conocido por sus trabajos sobre la epilepsia, publicó primero en la *Revue Internationale de Filmologie* (Cohen-Séat, Gastaut, & Bert, 1954) y después en *Electroencephalography and clinical neurophysiology* con el título: *EEG changes during cinematographic presentation (moving picture activation of the EEG)* (Gastaut & Bert, 1954). Gastaut es consciente del puente multidisciplinar para justificar su trabajo:

“Considering the EEG changes in the EEG patterns corresponding to transient psychical states, and also the considerable influence of cinematographic projection on the psychical state of spectators, it seemed indispensable to study the EEG during a cinematographic presentation” (Gastaut & Bert, 1954, pp. 433).

Estos investigadores grabaron laboriosamente EEGs a 80 adultos, un número muy superior al empleado hoy en estudios de EEG, y que eran en su mayoría doctores, profesores, estudiantes, asistentes sanitarios y celadores (62) y, por otro lado, 18 sujetos diagnosticados con neurosis obsesivas y trastornos psicósomáticos. Proyectaron varias secuencias cinematográficas sobre una escuela de aviación, una visita del general Perón a Chile, un banquete Hindú, enfermos de cáncer, saltos de esquí, imágenes de Hanoi, aviones, el *Tour* de Francia, el funeral del rey de Inglaterra y un combate de boxeo. El EEG tenía 15 canales, (lápices grabadores, véase figura 18) y los sujetos fueron situados a cuatro metros de la pantalla con el proyector tras ellos.

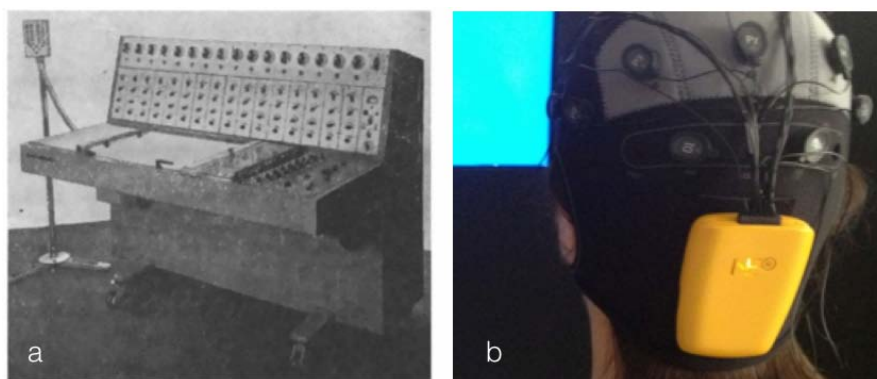


Figura 18. Dos mundos de la captación electroencefalográfica. a. Un dispositivo analógico de 16 canales (lápices) de 1964, parecido, pero diez años más moderno que el utilizado por Gastaut en 1954. b. Dispositivo de 20 canales analógico digital de 2012, con dimensiones: 60 x 85 x 20 mm, peso: 65g, empleado en nuestras investigaciones. Para una visión histórica de los dispositivos de captación electroencefalográfica, véase Collura, 1993, ricamente ilustrado. Fuentes: a, EEG U16-02 16-channel de SKTB Biofizpribor, Leningrad. Translated from Meditsinskaya Tekhnika, Vol. 1, No. 1, pp. 23-26, January-February, 1967 (Kozlyaninova & Suntsov, 1967) y b, fotografía del autor.

Encontraron varias cosas reseñables. Por un lado, constataron, en la zona temporal-occipital el conocido bloqueo del ritmo alfa cuando los sujetos abrieron los ojos y más cuando comenzó la proyección, con una ligera recuperación posterior. También observaron una activación del ritmo theta (4-7Hz) en algunos sujetos y en momentos puntuales de las proyecciones. Por otro lado, en la zona rolándica, hoy diríamos córtex premotor, y en frecuencias muy parecidas a alfa, advirtieron durante la proyección cinematográfica el desarrollo de un ritmo con forma de pequeños arcos, *en arceau*, entre los 7 y los 11 Hz (fig.19). Su presencia en el área rolándica contrastaba con el bloqueo occipital de alfa.

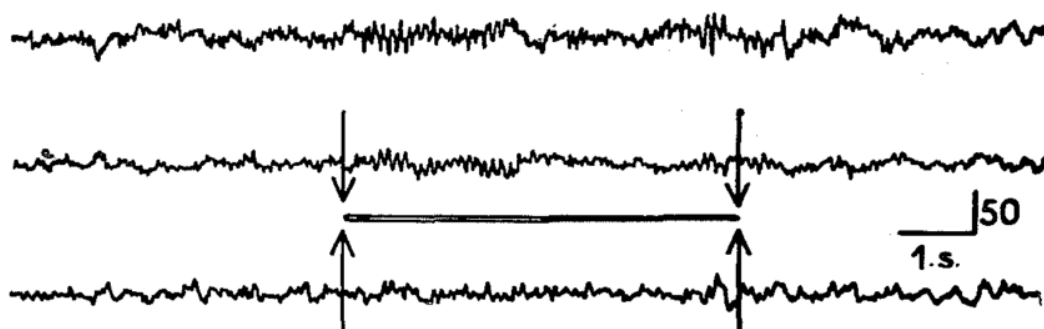


Figura 19. Ritmo *en arceau*. El fragmento marcado corresponde al plano del público insertado durante el combate de boxeo. En dicho fragmento marcado, el ritmo *en arceau*, hoy diríamos mu, reaparece entre los planos de los boxeadores luchando, donde queda suprimido antes y después con la *observación* de la acción. Fuente: reproducción parcial de Gastaut & Bert, 1954.

El ritmo *en arceau* desaparecía cuando los sujetos del experimento se movían o hacían algún movimiento postural, pero lo más interesante es que también se suprimía cuando los sujetos se identificaban con las acciones de los boxeadores en la pantalla. Gastaut y Bert

observaron que a veces a los pocos segundos, a veces en menos de un segundo de la aparición de los boxeadores, el ritmo desaparecía a pesar de que los sujetos estaban quietos o no hiciesen ningún movimiento. Llegaron a la conclusión de que el bloqueo del ritmo *en arceau* y la imagen de los boxeadores en acción era indudable. Durante un corte de plano abrupto, que mostraba al público entrando en la sala, el ritmo aparecía, para desaparecer en el siguiente plano de lucha (fig. 19). La identificación con la actividad motora de los boxeadores quedaba asimismo establecida por su contralateralidad en algunos sujetos. Esto es, la activación motora era contralateral hemisféricamente, de tal manera que se producía una mayor supresión en el hemisferio cerebral izquierdo ante los puñetazos diestros de los boxeadores. Incluso un individuo, hoy diríamos con una alta empatía, que presentaba ritmos *en arceau*, mu, muy claros, suprimió todo este ritmo durante la proyección cinematográfica completa (Gastaut & Bert, 1954).

La variabilidad entre sujetos fue muy grande, y aunque no se pudieron identificar todas las variaciones con el devenir de las imágenes cinematográficas, sí vieron muchos cambios inexplicables y más complejos cada vez, según los estímulos presentados: alteraciones y supresiones variables de alfa, incremento y decremento de ritmos lentos, activación y supresión de los ritmos *en arceau* y disminución o desaparición de ondas alfa occipitales. Todo contrastaba con los registros de los sujetos en reposo con los ojos cerrados. Pero sí quedó muy clara la supresión de los ritmos *en arceau* cuando había una identificación con los actores de la pantalla. El papel de la simulación y proyección en las acciones de otros en la percepción visual, quedó claramente establecido.

Hasta 1999, 45 años después, no se reprodujeron los descubrimientos de Gastaut sobre la desincronización de esos ritmos “en arco” hoy conocidos como supresión del ritmo mu, cuando miramos acciones motoras de los demás (Cochin, Barthelemy, Roux, & Martineau, 1999). El equipo de Stephanie Cochin desde el servicio de neurofisiología en Tours, Francia, empleando 10 sujetos observando y ejecutando movimientos de dedos, demostró que la observación y ejecución de movimientos compartían la misma red cortical. Paulatinamente, la supresión de mu en la corteza premotora cobró una importancia fundamental —y debatida pero contrastada— sobre el reflejo de la actividad del sistema de neuronas espejo (MNS) y su activación cuando miramos a otros hacer cosas (Giacomo Rizzolatti & Craighero, 2004).

No se ha comprobado si hay diferencias en la supresión de mu mirando la realidad u observando pantallas. Podría ser un criterio de percepción de realidad y mostrar una diferencia. Tampoco se ha investigado si diferentes montajes audiovisuales influyen en ello. Es parte de lo que investigaremos aquí.

3.7.2. La electroencefalografía como herramienta⁴

“I was a resident in the Salpêtrière Hospital in 1938 [...] A year earlier I heard Hans Berger in the great hall of the Sorbonne medical school demonstrate his tracings that were, thanks to his brother who was an engineer at Carl Zeiss of Jena, optically amplified and he needed a whole wall of the hall on which to project his tracings. I have also noted that in the darkened room when he was showing his slides about a half of his audience deserted him”

Informe del Doctor Nicholas Bercel, Collura, 1993

We are convinced that EEG is not only a brain imaging tool for the poor, but that it actually is the ultimate brain imaging tool for those who are interested in the temporal dynamics of large-scale brain networks in real-life situations

Cristoph Michel & Micah Murray, 2012

La técnica de elección para esta investigación será la Electroencefalografía (EEG). Tras cinco años para comprobar los resultados, y muchos más sufriendo críticas muy escépticas de sus colegas, Hans Berger presentó en 1929, los primeros registros electroencefalográficos de seres humanos (Berger, 1929). Cuando era un oficial del ejército prusiano, recibió una carta de su hermana preocupada por su estado de salud, pues había soñado que se caía del caballo y se rompía una pierna. Berger recibió la carta en un hospital de campaña. La carta fue escrita a la mañana siguiente que Berger, efectivamente, cayese del caballo y su vida corriese serio peligro. Este sueño marcó la vida de Hans Berger, discípulo de Wernicke, y que ya era una autoridad reconocida en el campo del flujo sanguíneo y la vascularización cerebral (Buzsáki, 2006; Barcia-Salorio, 2004). Berger, conociendo la existencia de actividad eléctrica cerebral, pensó que ahí podía estar la clave para la transmisión del pensamiento fuera del cuerpo. Puesto que la telepatía ya era considerada entonces como una disciplina propia del ocultismo, comenzó en secreto sus experimentos en un sótano de su hospital en Jena, Alemania, a partir de 1919

⁴ En esta sección y la siguiente, trataremos conceptos neurofisiológicos y del EEG, enfocados como introducción para Ciencias de la Comunicación, contextualizando las siguientes investigaciones. También se hace un repaso del estado del arte en las teorías de los ritmos cerebrales y las herramientas de análisis.

(Buzsáki, 2006). Primero probó con cráneos con defectos o lesiones y después procedió con sucesivos experimentos con sus hijos. Para ello, utilizaba electrodos de aguja, ya fueran de platino, plomo o zinc. Los electrodos iban conectados a un galvanómetro de cuerda con un espejo, que reflejaba la luz sobre una superficie fotográfica que se movía a tres centímetros por segundo (Palacios 2002). Esta velocidad se ha utilizado en los dispositivos electroencefalográficos analógicos hasta hace muy poco tiempo, y aún es un estándar para el análisis visual de las señales en softwares digitales más recientes.

Berger descubrió que los picos más fuertes de señal median entre 150 y 200 microvoltios. Esto quiere decir que el campo eléctrico generado por millones de neuronas en el córtex es 10.000 veces inferior al que genera una pequeña pila AA, como las que usamos en nuestros mandos a distancia del televisor. Este potencial eléctrico y sus cambios de voltaje eran demasiado pequeños para transmitirse por el aire y, evidentemente, no iban a justificar la pretendida telepatía (Buzsáki, 2006). Sin embargo, eran un reflejo de una cambiante y misteriosa actividad cerebral. La primera señal que caracterizó tenía una frecuencia de 10 ondas por segundo, aparecía cuando los ojos se cerraban, por ejemplo, y la bautizó como alfa, α , en el artículo original, *Rhythmus A* (Berger, 1929), pues hasta 1930 no usó la nomenclatura griega (Palacios, 2002). Grabó también un ritmo a mucha mayor frecuencia, con amplitudes más pequeñas al que denominó beta, β , o *Rhythmus B*, que se presentaba con el sujeto alerta y los ojos abiertos. Hasta 1934 sus descubrimientos fueron muy cuestionados. La historia de la ciencia ha considerado, hasta hace muy poco mayoritariamente, que Berger tuvo un comportamiento heroico y fue cesado, detenido y maltratado por el régimen Nazi, provocándole una depresión que le llevaría al suicidio en 1941 (Palacios, 2002; Haas, 2003). Nuevas investigaciones revelan su participación en la elección de su sucesor en el Hospital de Jena, su pertenencia a las SS (*Schutzstaffel*, “escuadras de defensa” de la Alemania Nazi), su colaboración con las leyes de pureza racial y su implicación en los tribunales de esterilización forzada para enfermos neuropsiquiátricos, precursores de los “programas eutanásicos Nazis” que llevarían al Holocausto (Zeidman, Stone, & Kondziella, 2013). Otros investigadores resistieron más al régimen Nazi, pero en la bruma de los años, no sabemos todavía si fue oportunismo, supervivencia, convicción o miedo por su familia en la vorágine de esos tiempos, ahora que continua saliendo a la luz, sorprendentemente, mucha documentación de esa época oscura.

Tal fue el éxito de esta técnica, que en 1941, el Index de Literatura Científica colocaba a los artículos sobre electroencefalografía en una lista aparte (Palacios 2002). Durante muchos años, y aún hoy, su uso médico ha sido muy valioso, ya sea en el diagnóstico de epilepsias, daños hemisféricos, certificación de muerte cerebral o alteraciones del sueño. Su uso para investigación básica ha sido fluctuante aunque recientemente vive una nueva edad de oro gracias a las nuevas técnicas de análisis y los entornos digitales. Pero siempre, el EEG tiene una componente misteriosa al poner de manifiesto una sinfonía compleja de ritmos cerebrales y actividad. ¿Tiene que ver con el pensamiento? ¿Significa algo, o es ruido? ¿Los ritmos tienen algo que ver con procesos cognitivos? ¿De dónde vienen?

György Buzsáki desde la cátedra Biggs en neurociencias de la Facultad de Medicina de Nueva York, lleva años reflexionando e iluminando sobre los ritmos cerebrales. Su libro *Rhythms of the Brain* (Buzsáki, 2006) es una referencia para contextualizar lo que sabemos de las señales del cerebro y su correspondencia con los procesos cognitivos. Buzsáki nos recuerda cómo se continuó con la atribución de letras griegas en los ritmos cerebrales que se iban descubriendo, obteniendo unas distinciones y fronteras entre distintos ritmos que hoy se empiezan a reconocer como muy arbitrarias, como las de países trazadas con tiralíneas tras una guerra. Tradicionalmente, en los seres humanos, se habla de ritmos delta, entre 0.5–4 Hz; theta, 4–8 Hz; alfa, 8–10 Hz; beta, 12–30 Hz; gamma, más de 30 Hz. En la literatura de investigación o recensión, podemos encontrar distintas distinciones como que alfa es en realidad, de 7 a 14 Hz (Jones et al. 2009), por ejemplo, pero depende de muchos factores subjetivos, finalidades de diagnóstico clínico y el mecanismo de captación. Seguiremos la clasificación de Buzsáki en nuestra investigación. Lo que está claro es que la actividad eléctrica y los procesos cíclicos están presentes en todos los seres vivos. Los mamíferos, en concreto, presentan oscilaciones que van desde minutos hasta frecuencias que alcanzan los 600 Hz. También hay ciclos ultradianos y circadianos en los seres vivos que llevan las oscilaciones desde 90 minutos por ejemplo (Delgado-García et al. 1976), hasta las 24 horas. Las neuronas se comportan generando ritmos por sí mismas, espontáneamente, o se inhiben, incluso en la ausencia de estímulos sensoriales o acciones motoras. No se disparan a la vez ni mucho menos, sólo una pequeña parte de todas las posibilidades que tienen se producen. La dinámica del cerebro está cambiando continuamente de lo complejo a lo predecible (Buzsáki, 2006). Este comportamiento cambiante parece ser el más adecuado en el cerebro para percibir cambios externos en nuestro cuerpo, y en el mundo exterior, al tiempo que mantiene sus procesos internos.

Realmente, las oscilaciones y periodicidades, término más usado en ciencias sociales, se producen en todos los sistemas físicos. Las mareas, los registros sismológicos o los ciclos astronómicos y las órbitas, por ejemplo. Los ciclos económicos, inflacionarios, o la “inercia institucional” de Durkheim. Los parpadeos. Cambios en el tiempo y regularidades. Estas oscilaciones en el tiempo son un requisito también en el cerebro para pasar a la acción y los procesos de cognición. Buzsáki (2006) recuerda cómo la información del cerebro se codifica en muchas escalas temporales. Nuestras funciones cognitivas, mentales, son moduladas en pequeñas y grandes escalas temporales, como recordábamos en el párrafo anterior.

Y como podemos intuir, y así se intenta, una manera fructífera de analizar las señales de nuestro cerebro será estudiar los cambios de frecuencia de los ritmos cerebrales en el tiempo. Esto nos llevará en la siguiente sección, a los estudios en el dominio temporal y en el dominio de la frecuencia, que actualmente asimilamos en multitud de investigaciones mediante EEG.

Previamente debemos contextualizar el campo de estudio brevemente. Se considera que la actividad neuronal da lugar a corrientes más allá de las membranas que son susceptibles de medirse extracelularmente. Se cree que la principal aportación a la señal de EEG proviene de la actividad de las neuronas piramidales. Recientes estimaciones han corregido el número de neuronas que hay en el cerebro humano. Se cree que el número es algo inferior a lo considerado previamente y con sistemas comparativos y fraccionando estadísticamente diversas zonas, se cree que los seres humanos tenemos algo más de 86 mil millones de neuronas (Azevedo et al. 2009). Cada neurona puede hacer 1000 contactos sinápticos con otras y recibe otras tantas conexiones. El número de conexiones es astronómico y abrumador. Aún así, no todo se conecta con todo, hay especialización. Siguen vigentes los tres principios de lo que José María Delgado-García (2008; 2015) llama la Carta Magna neuronal, apoyada en los potenciales de acción e inhibición:

El *principio de polarización dinámica*, dibujado por Santiago Ramón y Cajal, que indica cómo la organización de la neurona, pilar nervioso, sigue un recorrido que va desde las dendritas al soma y luego al axón. El axón conecta con las sinapsis en sus terminaciones y se propaga el impulso nervioso. Este flujo sería el relacionado con los procesos de comunicación neuronal detrás de la percepción de sensaciones y las acciones del comportamiento (Delgado-García, 2008).

Otro sería el *principio de polarización trófica*, aclarado por Rita Levi-Montalcini, que manifiesta la dependencia de la neurona con respecto a su blanco, esto es, el camino contrario, a través de la sinapsis al axón, y al soma, núcleo de la neurona. Este flujo conecta con el mantenimiento de la conectividad y la dinámica neuronal y su supervivencia.

Por último, también se considera algo que Delgado-García (2008), llama el *concepto de transformación*. Ya hemos visto la importancia para el cerebro de construir modelos del entorno útiles adaptativamente y que los algoritmos de proceso parecen ser muy similares como propugnaban Mountcastle y más modernamente Hawkins (véase las secciones de *El mundo como simulación*). Las distintas entradas sensoriales son convertidas en señales eléctricas, potenciales biológicos, pero las salidas son distintas según la función de cada sistema. Sabemos muy poco, pero esas señales siguen siendo eléctricas y en algún momento, en esas redes, se tienen que convertir en la sincronización de las oscilaciones que llevan a la conciencia de las que habla Tononi (2008), los *qualias* de la percepción consciente que propugna Koch (2004) o los *cognits* de Fuster (2003; 2009). O como dice más gráficamente José María Delgado-García (2008, pp. 18): “*en algún punto del circuito nervioso, la fruta que se deshace en la boca se ha de transformar en gusto!*”

Pero, ¿qué analizamos exactamente y qué refleja la señal del EEG? En 2012, Buzsáki junto a Costas Anastassiou y Christof Koch, ya citado en estudios de la conciencia y la visión (véase las secciones *La percepción cinematográfica* y *Las preguntas de Walter Murch* y entradas *CNC* y *qualia* en el Glosario) publicaron un estado de la cuestión en *Nature Reviews Neuroscience* (Buzsáki, Anastassiou, & Koch, 2012) donde se recogen las esperanzas de una mejor comprensión de estas señales y se ponen en perspectiva las técnicas de captación, incluido el EEG. La mayor parte de las señales eléctricas extracelulares en el córtex provienen de las corrientes sinápticas a través de las membranas. También hay una contribución importante de flujos iónicos, crestas de Na^+ y Ca^{2+} , y oscilaciones intrínsecas de las membranas en sus intercambios (Buzsáki, Anastassiou, & Koch, 2012). La electroencefalografía reflejaría una versión desenfocada, atenuada y deslocalizada a un área de aproximadamente 10 cm^2 por electrodo, frente a las grabaciones en neuronas aisladas o pequeños grupos, con electrodos intracraneales, mediante lecturas de potenciales de campo (*Local Field Potential*, LFP) que tratábamos cuando hablábamos de los detectores de la visión y los trabajos seminales de Letvin (1959) y Hubel y Wiesel (1959; 1962). El estudio de LFPs frente al EEG, es una técnica

invasiva, pues requiere la introducción de electrodos dentro del cráneo (véase por ejemplo, Destexhe & Bedard, 2014). Esta técnica hoy ha mejorado mucho con la incorporación de multielectrodos que permiten grabar en una pequeña zona a diversas alturas, analizando pequeños grupos de neuronas en distintas capas (por ejemplo, Gruart, Muñoz, & Delgado-García, 2006). En el EEG, en cambio, lo que obtenemos no tiene mucho que ver con los patrones de disparo de neuronas individuales o pequeños grupos. Tendríamos ventaja para discernir conexiones y relaciones entre áreas alejadas y comportamientos de zonas funcionalmente significativas, pero debido a la distorsión creada por todas las capas de tejido blando y duro, el cráneo, que las pequeñas corrientes deben atravesar, la tarea es formidable.

Junto con el EEG y la grabación de LFP, hay varios sistemas que captan la actividad eléctrica del cerebro. Más capacidad de discriminación que el EEG, tiene la magnetoencefalografía (MEG), mucho más costosa, pero también no invasiva y consolidada, que utiliza dispositivos superconductores de interferencia cuántica (*Superconducting Quantum Interference Devices*, SQUIDs) para medir pequeños campos magnéticos desde fuera del cerebro. Una ventaja es que los campos magnéticos son menos dependientes de la conductividad en el espacio extracelular de la que depende el EEG (Buzsáki, Anastassiou, & Koch, 2012). Las relaciones de frecuencia y potencia de las señales ofrecen muchas veces diferencias entre estas dos técnicas de investigación, sobre todo en las bandas de alta frecuencia. En ambos casos la sensibilidad temporal es altísima y permiten investigar el cerebro en directo. En general, se reconoce una superior discriminación de orígenes de señal profunda en el MEG. Volveremos sobre ello cuando caractericemos el ritmo mu. Otras técnicas interesantes de medición serían la electrocorticografía (ECoG), invasiva, que coloca los electrodos sobre la superficie cerebral incrementando mucho la definición a algo más de 5 mm², y las novedosas mediciones de imagen mediante colorantes sensibles al voltaje (*Voltage-Sensitive Dye Imaging*, VSDI, también Vm-imaging), que permite detectar ópticamente cambios de voltaje en las membranas de las neuronas en pequeñas zonas de interés (ROI). Aquí se medirían los voltajes transmembrana, no los potenciales extracelulares (Buzsáki, Anastassiou, & Koch, 2012). Los tintes incorporados cambian la fluorescencia de las zonas según se esté generando actividad eléctrica. Una técnica muy prometedora, no invasiva, que puede revolucionar los estudios cognitivos del neocórtex, parece ser EROS (*Event-Related Optical Signal*), sus creadoras, Gabriela Gratton y Monica Fabiani, desde la Universidad de Illinois en Urbana, Estados Unidos, nos recuerdan que su definición espacial está por debajo del cm y la temporal por debajo de los 100 ms (Gratton & Fabiani, 2010). La técnica de grabación óptica de señales

relacionadas a eventos consiste en detectar la dispersión de los tejidos nerviosos cuando están activos –despolarizados o hiperpolarizados– o no. Se usa un casco con fibras ópticas para la emisión de luz cercana al infrarrojo desde el exterior del cuero cabelludo. No conviene confundir esta técnica con la espectroscopía infrarroja (*Near Infrared Spectroscopy*, NIRS) o la Imagen por Difusión Óptica (*Diffuse Optical Imaging*, DOI), que estudian la absorción de hemoglobina ópticamente, no la electricidad, y estarían más próximas a los estudios mediante Resonancia Magnética Funcional (fMRI), basados en el flujo de sangre a las zonas de interés (señal BOLD, *Blood Oxygenation Level Dependent*). Una limitación actual de la técnica EROS es su escaso poder de penetración a pesar de su resolución: no profundiza más de tres centímetros en las estructuras corticales (Gratton & Fabiani, 2010).

El problema que se nos plantea con el EEG, como hemos visto, es ver procesos cognitivos grabando desde el exterior de nuestras cabezas. Una neurona o la suma de un pequeño grupo adyacente, crea en la zona extracelular, un LFP. Este potencial local de campo puede ser abierto o cerrado, dependiendo de la orientación del campo magnético de esas neuronas. No olvidemos que el córtex, para disponer de ese mantel inmenso de neuronas, se pliega en circunvoluciones, pliegues y surcos que permiten optimizar el espacio y meter esa alta densidad nerviosa en el cráneo, tomando esa forma característica que conocemos en la imagen del cerebro, llena de surcos y fisuras. La orientación de las capas de neuronas cambia con esas circunvoluciones. Sólo los campos magnéticos locales abiertos de esas neuronas proporcionan diferencias de potencial que pueden ser leídas en el EEG.

Estos campos locales abiertos tienen una dirección y una orientación del flujo eléctrico. En EEG –también en MEG–, se representan mediante un dipolo o una fuente dipolar (Buzsáki, 2006; Koenig, 2014) positiva y negativa. Un dipolo se define por su localización y un vector que muestra su fuerza y la orientación del flujo eléctrico. Se suele representar una flecha con la dirección del vector. Habitualmente, en los análisis cognitivos, la orientación, en función de su situación en el córtex, no se enseña y sólo se muestra su posición e intensidad, que parece ser lo relevante como reflejo de su actividad, como se puede ver en esta investigación, y en casi todos los estudios cognitivos que no tienen un enfoque de neuro o electrofisiología avanzada técnica en investigación.

Así pues, la señal que nos llega en EEG a los electrodos en el cuero cabelludo o el medio exterior tras el pericráneo, está definida, por orientación, posición e intensidad, pero

queda matizada por aquellos tejidos de la cabeza y componentes que debe atravesar: el resto del cerebro, los huesos del cráneo, humores, sangre y líquidos, sudor, piel, pelo, el gel conductor para los electrodos y el mayor o menor desgaste de la superficie del electrodo y sus propiedades conductivas (dejamos ahora fuera de la ecuación ruido de factores externos al cerebro, como interferencias eléctricas, teléfonos no apagados y todo tipo de artefactos biológicos, como movimientos musculares o latidos cardiacos o...parpadeos).

Las propiedades del dipolo son incorporadas en la llamada matriz del campo guía (*leadfield matrix*) que refleja pues, la actividad intracerebral de los campos magneto-eléctricos desde el cuero cabelludo (*galea aponeurótica*). Esto es, relaciona las fuentes de actividad nerviosa dentro del cerebro con la señal recibida en la cabeza (Giraldo, Acosta, & Castellanos-Domínguez, 2010). Siguiendo también a Koenig (2014), las relaciones en esa matriz son muy claras en teoría: para una única fuente en el cerebro (que no es así, hay más fuentes que electrodos, claro) con una posición correspondiente en el cráneo, la diferencia de potencial medida entre dos sitios definidos en dicho cráneo, mediante EEG por ejemplo, tiene una relación lineal proporcional a la actividad de la fuente. Para computar estas diferencias de potencial desde la fuente se usa la matriz de campo guía, cuyos datos pueden ser negativos o positivos, en función del dipolo. En este cerebro ideal con un sólo dipolo ideal, la matriz del campo guía refleja una función de campo que se extiende por todo el cráneo y se puede representar y visualizar en un mapa (*scalp field maps*) construido con los potenciales leídos en cada posición mediante un código de color (arbitrario, pero habitualmente, azul negativo hasta rojo positivo, por ejemplo) con o sin líneas que unan los puntos con el mismo potencial (fig. 20). En realidad, en el cerebro hay muchísimas fuentes simultáneas que actúan sobre las grabaciones en el cráneo. El efecto de todos esos dipolos será la suma de los campos que producen. Así pues, cada electrodo del EEG mide una parte de este campo. Si tenemos un número suficiente de electrodos distribuidos uniformemente por el cráneo podemos reconstruir el mapa de potenciales de campo del conjunto (fig. 20c). Un mapa nuevo se genera en milisegundos durante la captación de EEG, según sea la frecuencia de muestreo. En la investigación que presento aquí, la frecuencia será de 500 lecturas (*samples*) por segundo. Se considera una ley física que cualquier cambio en la topografía de los mapas, en el tiempo, refleja el cambio de los dipolos activos y sus cambios en el cerebro (Lehmann, Ozaki, & Pal, 1987; Michel & Murray, 2012).

Los mapas de campo se muestran habitualmente desde arriba, orientada las figuras del nasion (intersección de las suturas frontonasal y la internasal) a inion (la protuberancia occipital externa), esto es, la nariz arriba (véase figs. 20b y 20c).

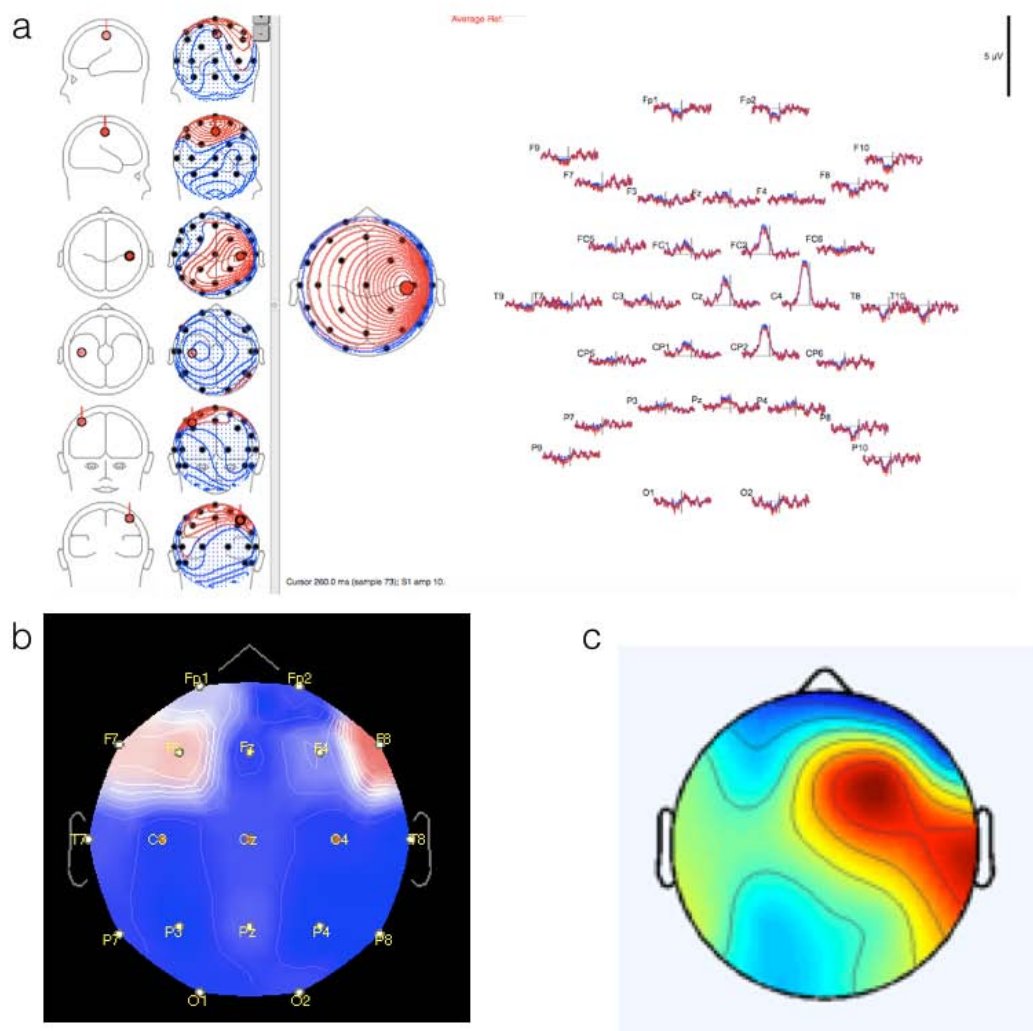


Figura 20. Simulación de dipolo y mapas reales de campo en instantes determinados. a. Simulación de un dipolo en la corteza premotora derecha; obsérvese a la izquierda la línea que sale del punto que representa el dipolo, es la dirección del vector; obsérvese a la derecha la activación diferenciada del electrodo C4 cercano a la fuente dipolo en las señales EEG de los electrodos, medidas en microvoltios, μV ; sin embargo, el campo afecta proporcionalmente también a los 30 electrodos de la simulación (explicación en el texto). Las líneas de contornos dibujan zonas con el mismo potencial. b. *Scalp field map* real del sujeto 8 de la presente investigación con montaje estándar 10/20, renderizado mediante Brainstorm (Tadel et al., 2011). Se incluye nomenclatura de los 19 electrodos empleados, el 20, electro-oculográfico, no está representado por situarse en la zona suborbital del ojo. c. *Scalp field map* del sujeto 15, en otro instante y calculado mediante EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004). Fuentes: a. Elaboración propia utilizando el software de simulación de dipolos de libre acceso BESASimulator de Patrick Berg (<http://www.besa.de/downloads/tools/dipole-simulator/>). b. Elaboración propia de la grabación del sujeto 8 de esta investigación, procesada con Brainstorm (Tadel et al., 2011) corriendo sobre MATLAB (MATLAB Student versión and Statistics Toolbox Release 2010b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States). c. Elaboración propia de la grabación real del sujeto 15, procesada y también corriendo sobre MATLAB 2010b, con el software de análisis que empleamos en la presente investigación, EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004).

La cuestión que hemos visto sobre cómo el campo eléctrico del cráneo es definido por un grupo de dipolos, es el llamado problema directo (mejor, más claro que la traducción, la expresión anglosajona *forward-problem*). En el mundo de la investigación real, lo que nos ocupa es dónde están los orígenes de esas señales que ponen de manifiesto ese campo magnético. Esto nos llevará al llamado **problema inverso** (*inverse problem*), el que a partir de los resultados, busca las causas y origen, y que trataremos en la siguiente sección.

Unos años después de las investigaciones de Gastaut (1954; véase sección *El precedente*) con proyecciones cinematográficas y EEG, aumentó mucho la popularidad del EEG como herramienta de investigación. Antes, ya se habían detectado potenciales relacionados a eventos (*event related potentials*, ERPs), esto es, respuestas reflejadas en la señal del EEG fruto de un evento sensorial. Pero no se había caracterizado claramente ERPs asociados a eventos cognitivos. Los ERPs son potenciales eléctricos relacionados a eventos específicos captados mediante numerosas repeticiones de grabaciones EEG (Luck, 2014). En 1964, Grey Walter y su equipo comunicaron en la revista *Nature* el primer componente cognitivo ERP, extraído de la señal de EEG (Walter, Cooper, Aldridge, McCallum, & Winter, 1964). Grey Walter ya había encontrado esta señal trabajando con niños autistas unos años antes. Como recordó años después Ray Cooper, uno de los autores de la investigación, era un equipo totalmente multidisciplinar: Walter era fisiólogo, Cooper físico, Aldridge era radióloga, McCallum psicólogo y Winter técnico de EEG (Cooper, 1985). Todos coincidieron en el Burden Neurological Institute en Bristol, Inglaterra, donde aprovecharon la invención de los nuevos amplificadores para EEG del propio instituto y después de repetir numerosos ensayos, debido a artefactos de movimientos oculares que enmascaraban la señal presentaron su descubrimiento en 1963. El experimento que manifestó la existencia de la *contingent negative variation*, CNV, consistió en varias sesiones donde a los sujetos se les presentaba primero, una señal de aviso (un ruido tipo “click”) y entre medio segundo o un segundo después, un estímulo visual en forma de destellos. Las respuestas a la señal de aviso y el estímulo visual, se veían en los registros con claridad. Ahora bien, cuando pedían a los sujetos que apretaran un botón cuando viesan el estímulo, observaron un novedoso potencial negativo en los electrodos frontales en el espacio de tiempo entre la señal de aviso y antes del destello. No era claramente una respuesta sensorial, sino el reflejo de una preparación mental para responder al estímulo. Una manifestación clara de un proceso cognitivo. Este descubrimiento desató, como cuenta Steven Luck (2014), en su clásico manual del *Massachusetts Institute of Technology*, *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*, una auténtica fiebre de lo que el denomina

ERPología. Poco después se descubrió el componente P300, también llamado P3 (Sutton, Braren, Zubin, & John, 1965). En este caso, los investigadores hicieron un experimento en el que los sujetos no sabían si el estímulo siguiente que les sería presentado iba a ser auditivo o visual. Encontraron que el estímulo presentado al final, provocaba un componente positivo, unos 300 ms después del estímulo. Este componente P300, disminuía mucho o desaparecía cuando los sujetos podían predecir y tenían pistas sólidas de qué tipo, sonido o imagen, iba a ser el siguiente estímulo. Los investigadores estaban asistiendo al espectáculo de uno de los temas más debatidos en psicología cognitiva, cómo responde el cerebro frente a estímulos predecibles o impredecibles, conocidos previamente o no por una persona. Desde entonces, se han invertido ingentes recursos e investigaciones en torno a la P300 (Luck, 2014).

Sin embargo, es verdad que los estudios que eclosionaron en la década de los 70 del siglo XX, no explicaban, en realidad, nada fundamental sobre la mente o el cerebro, más allá de una manifestación fenoménica. El éxito de la “ERPología” cayó en un cierto descrédito entre los científicos cognitivos (Luck, 2014). Pronto se enfocaron estos experimentos en relacionarlos con cuestiones de interés, como veremos, y el estudio de ERPs volvió a renacer con la mejora de las herramientas de análisis. Ya vimos al comienzo de la *sección La percepción cinemática*, cómo los experimentos en los años 80 del siglo XX de Benjamin Libet sobre la toma de decisiones inconscientes llevaron a un intenso debate sobre el libre albedrío y la toma de decisiones, gracias a la lectura de los ERP (en este caso *readiness potentials*, RP, potenciales de preparación) en la toma de decisiones (Libet et al., 1983).

Hoy, la prueba ERP de P300 se usa, además de investigación cognitiva básica, para la detección de terroristas o espías, intensamente desde el atentado del 11 de septiembre de 2001 en Estados Unidos, y también en entornos forenses y criminalísticos para la detección de mentiras o pruebas de reconocimiento sobre si una persona sospechosa estuvo en el lugar de los hechos investigados, o conoce datos que no ha reconocido verbalmente. Su introducción en el entorno jurídico es lenta pero constante. Siendo muy alta su fiabilidad, mayor que los detectores de mentiras clásicos, aún está sujeta a muchas investigaciones para evitar el pequeño porcentaje (10% entre los trabajos más optimistas) de falsos positivos o negativos (Petisco Rodríguez, 2015). Otro campo fundamental de aplicación e investigación de los ERPs y la P300 en concreto, es el de las interfaces cerebro-máquina (BCI, *Brain Computer Interface*). La detección de la P300 permite que las personas con algún impedimento funcional, comunicacional o no, puedan interactuar y elegir opciones para navegar por menús, manejar

prótesis o sillas de ruedas o seleccionar una canción de una *playlist*, por ejemplo (Hoffmann, García, Vesin, Diserens, & Ebrahimi, 2005; Chumerin et al., 2009; Zander et al., 2011; entre multitud de trabajos). Todos estos resultados nos permiten intuir la gran importancia que puede tener esta técnica en Ciencias de la Comunicación, en todo tipo de procesos de información y comunicación, creemos que revolucionando los estudios de percepción y las interfaces audiovisuales. Colaborar a abrir este camino es uno de los objetivos de este trabajo.

La técnica de estudio de los ERPs y buena parte de los trabajos con EEG, se han establecido como un importante método de investigación fundamental. Sin embargo, para responder algunas preguntas de investigación, pueden no ser los métodos adecuados. Siguiendo a Steven Luck (2014), veamos para qué son buenos y para qué no.

Los potenciales evocados relacionados con eventos, ERP, son muy interesantes para el **discurso temporal de los procesos cognitivos**. Gracias a su resolución temporal asistimos en directo a medir un proceso antes de un evento y sus consecuencias posteriores. También podemos determinar **qué proceso está influenciado por unas condiciones experimentales**. Variando las condiciones del protocolo de un experimento, podemos ver la influencia de nuestras variables en el proceso cognitivo, si está asociado a un estímulo determinado u otros procesos mentales. Permite **identificar múltiples procesos cognitivos**. Diferentes componentes de ERP pueden reflejar distintos procesos en el cerebro durante un experimento (por ejemplo, en investigaciones de memoria y reconocimiento, véase Addante, Ranganath & Yonelinas, 2012). Los ERPs tienen mucho interés en el **estudio de procesos atencionales espontáneos** en la escala de los milisegundos, como tuvimos ocasión de ver conceptualmente en la sección *La continuidad en el cerebro*, sobre esta y los procesos atencionales ejecutivos en los cambios de plano en audiovisuales, por ejemplo (Mangliano & Zacks, 2011). En resumen, la principal virtud de los componentes ERP es observar el curso temporal de procesos cognitivos (Luck, 2014).

Sin embargo, hay cuestiones que no tienen respuesta fácil con la técnica de ERP. Los ritmos que grabamos en EEG sufren del llamado **problema de la superposición**. Representan, como hemos visto más arriba, la suma de muchas señales y es difícil descomponer la mezcla en componentes individuales. También, es **difícil determinar las localizaciones neurales de las señales**. Otro problema que se presenta a los investigadores es que, con las técnicas disponibles, **un proceso mental o cerebral puede no tener una**

firma o rastro ERP. Debe de haber cientos o miles de procesos cognitivos que no se manifiesten en componentes ERP. Para usar esta técnica, hay que tener estímulos que se puedan usar como marcadores temporales: el ERP **no se puede usar en presencia de estímulos indeterminados o graduales.** Es complicado utilizarlo, por ejemplo, para procesos de consolidación de memoria o procesos más allá de unos segundos (Luck, 2014). Por ello, para nuestra investigación sobre pantallas y realidad y su evolución perceptiva en el tiempo, deberemos usar análisis complementarios. Por otro lado, la grabación de ERP requiere la fijación del sujeto en condiciones muy controladas de concentración, y sometidas a muchas interferencias (artefactos), que requieren la repetición de los estímulos un gran número de veces para discriminar la señal sobre el ruido.

Aunque los ERP son una de las técnicas predominantes en los estudios electroencefalográficos, hay otras soluciones que buscan compensar alguna de sus carencias en determinados experimentos. Scott Makeig dirige el *Swartz Center for Computational Neuroscience* desde el *Institute for Neural Computation*, de la Universidad de California en San Diego, UCSD. Allí, entre muchos intereses, se dedica al estudio de la dinámica de eventos cognitivos y la creación de modelos para visualización y cálculo del origen de las señales cerebrales. Junto con Arnaud Delorme, investigador que trabaja a tiempo compartido entre la Universidad de Paul Sabatier en Toulouse, Francia y la UCSD, en Estados Unidos, crearon una auténtica caja de herramientas en continuo crecimiento para el análisis de la señal electroencefalográfica, EEGLAB, un potente conjunto de *scripts*, *plugins* y rutinas, también estadísticas, de localización y de visualización, corriendo en entorno MATLAB (Delorme & Makeig, 2004; Delorme et al., 2011). Antes, en 1993, Scott Makeig presentó una nueva manera de medir la dinámica cerebral para eventos relacionados, que bautizó como perturbación espectral relacionada con eventos (*event-related spectral perturbation*, ERSP). Las ERSP revelan aspectos de la dinámica cerebral que no se encuentran en los eventos promediados repetidos de los ERP. Debido a la baja amplitud, y el ruido de la señal EEG, no se pueden estudiar, como he comentado arriba, los parámetros de los ERP en un único caso o ocurrencia, hace falta promediar muchas repeticiones del estímulo. Makeig (1993) recuerda, asimismo, que las respuestas evocadas pueden no ser estables entre los estímulos, pueden estar influidas, entrelazadas a la señal EEG, y no ser independientes. Estudiando la dinámica cerebral ante estímulos auditivos, Makeig aplicó, en lugar de este tradicional análisis de los ERP desde el dominio de la ocurrencia temporal, un análisis desde el punto de vista de las frecuencias, analizando los cambios de potencia espectral del EEG completo, sincronizado a alguna clase de eventos decidida por el

investigador, y obteniendo una imagen en dos dimensiones que bautizó como perturbación espectral asociada a eventos, ERSP, medida en decibelios (dB) desde un estado de reposo (véase en esta investigación las imágenes a partir de la figura 45). Esto es, frente a las desviaciones del potencial en el tiempo en el caso de los ERP (medido en microvoltios, μV , desde el reposo), medimos las frecuencias frente al tiempo de reacción (*frequency-by-latency*) al estímulo (Makeig, 1993; Makeig, Debener, Onton, & Delorme, 2004). Las medidas a través de ERSP se muestran sensitivas a los efectos de experiencias previas acumuladas en la dinámica cerebral (Makeig, 1993). Para entender su utilidad, debemos recordar un comportamiento muy interesante de nuestros procesos cerebrales. Recordemos como Hans Berger encontró el ritmo alfa, que era suprimido cuando un sujeto abría los ojos (Berger, 1929). O la supresión del ritmo μ en las investigaciones de Gastaut (1954), que vimos en la sección anterior. En realidad, esa supresión refleja una desincronización y unos cambios de condición en esas activaciones masivas de neuronas piramidales, que se manifiesta en el EEG como un cambio grande en la amplitud de la señal en frecuencias determinadas como, por ejemplo, el ritmo alfa. La evolución en el tiempo de esta atenuación fue medida por primera vez por Gert Pfurtscheller en 1977, pionero en el estudio del movimiento muscular y su reflejo en el EEG, en las interfaces cerebro-máquina y fundador en 2006 del *Brain-Computer Interface Laboratory* (BCI-Lab) en el *Institute for Knowledge Discovery*, de la Universidad de Tecnología en Graz (TUG), Austria. Pfurtscheller (1977) bautizó estas atenuaciones como desincronizaciones relacionadas con eventos (*event-related desynchronization*, ERD; a los incrementos en la amplitud, a su vez, los llamó sincronizaciones relacionadas con eventos, *event-related synchronization*, ERS). El hecho es que el comienzo de actividad cortical, ya sea un proceso de atención, la generación de un movimiento o su mera contemplación como tratamos en nuestra investigación, implica una desincronización de los ritmos corticales relativamente lentos, ERD, coherentes espacio-temporalmente y que son sustituidos por actividades de ritmo más rápido, si bien más discontinuas y espacialmente distanciadas. Los factores que provocan estas oscilaciones en el EEG vienen dados por la dinámica de los procesos sinápticos y, sobre todo, por la fuerza y tamaño de conexión de las redes neurales implicadas, muy a menudo presentando circuitos de retroalimentación en bucle, ya sean por ejemplo tálamo-corticales o corticales-corticales (Pfurtscheller & Lopes Da Silva, 1999). Para la investigación de ERD y, en concreto también, para la investigación que presento sobre la desincronización del ritmo μ observando realidad y pantallas, Pfurtscheller y Lopes Da Silva (1999) recomiendan especificar muy bien la frecuencia del ritmo a estudiar y recordar que los ERD deben estar contextualizados en el tiempo frente al evento, constatando que los efectos no son

instantáneos, sino que se pueden demorar muchos milisegundos en el discurrir del experimento. Desde este punto de vista de los cambios en la amplitud y el estudio de la frecuencia de los ritmos en el EEG, los ERSP que utilizaremos en realidad, serían una generalización de las ERD en el discurrir del EEG. El ERSP, en resumen, mide en amplitud el promedio de los cambios dinámicos del espectro de frecuencias del EEG como función del tiempo relativo a un evento experimental. Ese espectro de frecuencias es más ancho que el concreto que muestra una ERD. Los ERSP calculan el estado inicial (*baseline*) del EEG inmediatamente anterior a cada evento, promediando todos los pequeños periodos (*epochs*, véase glosario) seleccionados en torno a los eventos (Makeig, 1993). Los resultados de cada *epoch* se normalizan con cada espectro del *baseline* correspondiente, y se obtiene un promedio de ERSP en dos dimensiones, con ejes de frecuencia y tiempo que muestran las amplitudes del espectro en cada momento (fig. 45 y siguientes, por ejemplo).

No obstante, estos parámetros tratados, ERPs y ERSPs, no son suficientes. Mientras que las ERSP nos informan sobre eventos relacionados con procesos cerebrales, no nos informan con precisión de la relación entre la potencia de los ERP, su amplitud o los cambios en el tiempo de reacción (Makeig, 1993). Para desentrelazar las señales significativas ante los estímulos de una investigación mediante EEG, deberemos recurrir a herramientas complementarias aún más poderosas, que aíslen las respuestas, las fuentes y las frecuencias. Trataremos el análisis de componentes (*independent component analysis*, ICA) y los *clusters* de señales independientes, brevemente en la próxima sección, para contextualizar nuestra investigación, que presenta modelos de ERSP en respuesta a los estímulos en pantallas y realidad.

El EEG a partir de las nuevas técnicas de modelado estadístico y las aplicaciones de la correlación matemática, ha podido sofisticar mucho sus resultados y en los últimos 15 años asiste a una nueva eclosión de trabajos y experimentos. Veremos en la próxima sección que hay muchas soluciones al problema de identificar qué pasa en el cerebro a partir de las señales del EEG. Los poderes predictivos del cerebro emergen de los ritmos que genera sin pausa el córtex de los seres vivos. Pero las funciones de esos ritmos muy pocas veces son obvias. La mayoría sigue siendo un misterio impenetrable por ahora.

Recordando nuestras preguntas iniciales sobre el significado de los ritmos cerebrales y tomando perspectiva, en el verano de 2014, en el Laboratorio *Cold Spring Harbor*, en el pueblo

de Laurel Hollow, New York, Estados Unidos, y que acumula varios premios Nobel entre sus investigadores, hubo un simposio sobre cognición (symposium.cshlp.org). Allí, György Buzsáki junto a Adrien Peyrache y John Kubie reflexionaron sobre la naturaleza de la actividad cerebral y lo plasmaron en un artículo llamado *Emergence of Cognition from Action*. Allí proponen una serie de manifestaciones y procesos en torno a la capacidad de abstracción del cerebro para trabajar independientemente de los estímulos exteriores. No es este el sitio para disquisiciones sobre el fenómeno de la conciencia y las teorías neurocientíficas sobre ella (para ello, por ejemplo, Koch, 2004; Block, 2009). Pero lo que sabemos de los ritmos cerebrales nos conecta con algunas reflexiones presentadas al comienzo de este trabajo (véase *sección El mundo como simulación*). Las teorías de los ritmos y las funciones cerebrales han sido variadas. Antiguas proposiciones positivistas defendían que la función cerebral y las redes cerebrales organizan una serie de respuestas reflejas que, ante un estímulo, producen un *output* motor. Los behavioristas sugieren que todas las acciones pueden ser explicadas mediante claves y estímulos externos. El punto de vista cognitivo, a veces perdido en los detalles, opina que el comportamiento no puede explicarse simplemente en términos input-output porque el cerebro ofrece resultados impredecibles. A lo que pasa antes de esos resultados lo llamamos cognición. Buzsáki, Peyrache y Kubie (2015) proponen, y ya nos es familiar, recordando a Hawkins (2004) y Fuster (2003; 2009) por ejemplo, que la cognición está unida a modelos que internamente construyen el mundo del animal, en cuyo cerebro se generan secuencias que sirven para interpretar escenarios tipo “¿Y si?” (*What if*) y anticipar las consecuencias alternativas de unas acciones, sin ejecutarlas en realidad, ayudando a tomar decisiones sobre el entorno (Buzsáki, Peyrache, & Kubie, 2015). Estos autores lanzan una hipótesis que propone que todos los cerebros, independientemente de su tamaño, son órganos predictivos que explotan las regularidades y repeticiones, características del mundo exterior, para aplicar predicciones efectivas. Estos modelos son posibles ya sea por aprendizaje adaptativo a lo largo de generaciones, por adaptación evolutiva, y por aprendizaje durante la vida del organismo, según su complejidad. Recuerdan cómo, para nuestro desconcierto, muchas estructuras cerebrales tienen un uso aparentemente dual. A veces, conectadas a los estímulos externos y produciendo respuestas automáticas, otras veces, ensimismadas en señales internas y ritmos cerebrales. Durante muchos años, los investigadores han asociado términos verbales preexistentes como la memoria, la planificación, la visión de futuro, la volición o la toma de decisiones con estructuras diferenciadas del cerebro (Buzsáki, Peyrache, & Kubie, 2015). Es frecuente que la misma estructura o sistema cerebral, genere distintas hipótesis sobre su función, dependiendo del enfoque experimental o cómo nos aproximemos a ella. Un ejemplo

sería el sistema hipocampal. Muchos estudios reflejan su importancia en la navegación y la memoria espacial por el entorno, como veremos en la sección *La influencia de la especialización*, pero también muestran cómo los ritmos theta del hipocampo se conectan con los actos volitivos. Una lesión allí, por otro lado, provoca amnesia. Cuanto más complejos son los cerebros, más bucles se presentan en sus redes entre la recepción de un estímulo y su respuesta. Los autores presentan una serie de ejemplos sobre la desconexión con el exterior, que es como definen la cognición. Uno de ellos, muy interesante, sería la internalización de los ritmos cerebrales. El primer patrón que se organiza en el cerebro de un mamífero en desarrollo, es la aparición, en periodos transitorios alternantes con silencios de segundos o decenas de segundos, de ritmos con forma de huso entre 10 y 25 Hz. En una rata recién nacida o un bebe humano prematuro, todos esos ritmos tempranos en forma de huso tienen correspondencia con comportamientos motores, como espasmos musculares aislados, movimientos en las extremidades o movimientos súbitos de todo el cuerpo. Se cree que estas manifestaciones pueden ser el reflejo de un mecanismo para construir un mapa interno del cuerpo para el sistema somatosensorial. Una vez que el cuerpo está formado, en la rata entre 5 y 10 días después de nacer y en los humanos a partir del tercer trimestre del embarazo, la dependencia de esa actividad cerebral para crear aferencias ya no es necesaria, y los ritmos en huso pasan a formar parte del estado del sueño, uno de los modos por defecto de nuestro cerebro (Buzsáki, Peyrache, & Kubie, 2015). Esto sería un ejemplo de cómo los ritmos cerebrales se conectan primariamente con la actividad sensorio-motora y luego pueden independizarse de los estímulos exteriores, mientras mantienen patrones espontáneos de actividad. Los autores tratan también otros ejemplos de coordinación de dirección durante el sueño y cómo secuencias internas permiten recorridos espaciales mentales y planificación en nuestra memoria conectados con el entorno exterior. Los ritmos y patrones internos del cerebro son algo inherente a la organización cortical de nuestro cerebro y que permiten retrasos entre los estímulos externos y pasar a la acción. Manifiestan los procesos de nuestro pensamiento antes de tomar decisiones internas hacia el exterior.

Estamos asistiendo a un momento apasionante en el estudio de los ritmos cerebrales. Desde las Ciencias de la Comunicación deberían establecerse puentes de investigación con las Neurociencias, en la relación con los procesos externos e internos de percepción, cosa que intenta introducir la presente investigación, y una reflexión posterior sobre los procesos de elaboración de los contenidos en función de lo que sabemos.

Berger persiguió toda su vida la telepatía, conseguir transmitir el pensamiento, como creía que había pasado en su juventud, cuando se cayó del caballo, y su hermana se preocupó. Ponía a su hija de 14 años, en 1925, a resolver sumas y multiplicaciones para ver si podía leerlas en el EEG. No pudo leer los pensamientos, pero dio un paso fundamental para el estudio del cerebro. En 2014, un equipo multidisciplinar del *Starlab* y *Neuroelectrics* de Barcelona, departamentos de plasticidad cerebral, psicología y psiquiatría de la Universidad de Barcelona, el Harvard Medical School en Boston y *Axilum Robotics* en Francia, han conseguido transmitir información entre dos cerebros conscientes de manera no invasiva y mediante EEG, una transmisión de cerebro a cerebro (*Brain-to-Brain*, B2B) con series de letras a través de fosfenos (Grau et al., 2014). Transmitieron las palabras “Hola” y “Ciao”, por ejemplo. Berger estaría sorprendido. Pero, ayer y hoy aún, las señales del EEG son como muescas y gruñidos hacia una pared de cemento comparado con leer pensamientos. Aún así, la puerta que ha abierto el EEG es inmensa para poder entender cómo percibimos la realidad y las imágenes, para controlar cosas con el pensamiento y para entrever cómo organizamos en nuestra memoria la imagen del mundo.

Veamos ahora, en esbozo, algunas herramientas matemáticas más poderosas, que han permitido una nueva edad de oro en la electroencefalografía para desentrañar, apenas arañar, el origen y el comportamiento de las señales misteriosas de nuestro cerebro en acción.

3.7.3. Ruidos en la fiesta, el problema inverso y más

“Deducing causality is particularly difficult when the cause involves a reciprocal relationship between parts and wholes, as is often the case for neuronal oscillations and other properties of complex systems”

György Buzsaki, 2006

Entender la señales que produce hoy nuestro cerebro, es un desafío muy grande. Es como escuchar multitud de conversaciones simultáneas a través de un pared de hormigón. Es muy ilustrativo el conocido planteamiento del *Cocktail Party Problem* (Bee & Micheyl, 2009; Cherry, 1953; Haykin & Chen, 2005; Lee, Ziehe, Orglmeister, & Sejnowski, 1998).

Ruidos en la fiesta. Estamos en una fiesta donde hay multitud de conversaciones a la vez, de centenares personas y en diferentes lugares de la sala. Captamos estas conversaciones con un número limitado de micrófonos, pongamos 20, como 20 electrodos de EEG. ¿Es posible diferenciar las voces individuales y su discurso? El cerebro humano, como cualquiera que sobreviva en una fiesta o un concierto puede comprobar, está equipado para ello. La atención, la situación y la memoria de trabajo, tienen mucho que ver. Pero partir del batiburrillo simultáneo de conversaciones ya grabadas, sin atención dirigida, es otra cuestión, es un formidable desafío.

Aislar los componentes de cada fuente, origen, y su timbre en cierta manera, es lo que intenta el Análisis Independiente de Componentes (ICA). En esta investigación utilizaremos el algoritmo para ICA más empleado, el *infomax*. El ICA se desarrolló para lidiar con los problemas del *cocktail party problem* y desafíos de separación de fuentes sonoras (Hyvärinen & Oja, 2000).

Recordemos que la señal de EEG grabará una mezcla de oscilaciones simultáneas a distintas frecuencias. Hay que calcular las amplitudes, las frecuencias y las fases de las señales. Para calcular esto, y la evolución espectral de la señal, se usa el análisis de Fourier (por ejemplo, descomposición de señales por Transformación de Fourier y representar como

vimos anteriormente el espectro, el dominio tiempo-frecuencia o tiempo-potencia), el proceso matemático que permite calcular todos estos parámetros que sumados constituyen la señal que vemos desde un electrodo del EEG. A través del análisis de Fourier se puede reconstruir cualquier forma de onda a partir de la suma de todas las ondas sinusoidales que concurren. Luck (2014) nos recuerda una limitación importante de esta herramienta, y es que la presencia, en una transformada de Fourier, de una frecuencia a una determinada amplitud, no significa que esa onda resultante contenga un oscilación a esa frecuencia en el cerebro. Hay que tener mucho cuidado al descomponer una señal.

El ICA aplicado al EEG, despertó en 1995, cuando Scott Makeig ejecutó el primer cálculo de componentes independientes en datos de EEG de varios canales (Makeig, Bell, Jung, & Sejnowski, 1996), usando un nuevo algoritmo matemático llamado *infomax* (Bell & Sejnowski, 1995). Terrence Sejnowski estudió Ciencias Físicas en la Universidad de Princeton, después paso por las Universidades de Harvard y John Hopkins y se mudó a La Jolla, California, Estados Unidos, al Instituto Salk (salk.edu). Hoy ejerce la cátedra Francis Crick y dirige el *Computational Neurobiology Laboratory* en el *Howard Hughes Medical Institute*. Ha destacado en el descubrimiento del papel de los astrocitos, el funcionamiento de la memoria y su papel durante el sueño, y en los modelos informáticos del funcionamiento cerebral. En su laboratorio, con Arnaud Delorme y Scott Makeig (2004) participó en el desarrollo de EEGLAB, el software de referencia de libre acceso para análisis de EEG, ya citado, y utilizado en esta investigación. Con Anthony Bell, Sejnowski se enfrentó al *cocktail party problem* en la dimensión sonora y consiguió separar a partir de un mezcla, las voces de diez personas, sin conocer previamente el número ni las características de la grabación original (Bell & Sejnowski, 1995). Su algoritmo permitía separar estadísticamente con efectividad superior a otros métodos anteriores, los componentes independientes de una señal. Makeig pensó que la solución podía aplicarse a los datos del EEG (Makeig et al., 1996; Makeig & Onton, 2009), y veinte años después, está confirmada la capacidad del método ICA para identificar las señales y fuentes independientes, tanto temporal como funcionalmente, en el EEG.

ICA descompone los datos del EEG en procesos con componentes independientes entre sí (*independent components*, ICs) que representan actividades generadas por el cerebro o interferencias, artefactos generados como ruido externo al córtex. Cada IC, cerebral o artefactual, se identifica por un curso temporal de activación y la relativa “fuerza” de sus proyecciones hacia los electrodos de la cabeza (Onton & Makeig, 2006), a partir del volumen

de conducción (*volume conduction*), esto es, el potencial eléctrico que pasa a través de los tejidos y hueso. Parte de la potencia de análisis del ICA proviene de la separación de los datos del EEG en componentes cuyas propiedades en términos espaciales y temporales son desconocidas, basándose en los siguientes presupuestos, en cierta manera limitaciones (Makeig & Onton, 2009):

- Que la localización de las fuentes –y sus patrones topográficos en los *scalpmaps*– son fijas a lo largo de la grabación de datos. Hoy aún, hace falta calcular el ICA en porciones largas del EEG ya sea antes de cortarlo en *epochs* en torno a los eventos a estudiar o concatenando porciones de datos ya seleccionados (Delorme & Makeig, 2004).
- Que las actividades de las fuentes que configuran el componente independiente sumen linealmente en los electrodos.
- Que no haya retrasos temporales proyectando las señales a distintos sensores. Esto, no suele pasar.
- Que la distribución de probabilidad de los valores de la actividad de los componentes no sea totalmente gaussiana. No entraremos en esto, pero en una distribución simétrica, con la densidad respondiendo a una curva normal, no se puede extraer la dirección de las columnas de la matriz. Actualmente, si uno de los componentes es gaussiano, el modelo de ICA se puede construir (Hyvärinen & Oja, 2000).
- Que la forma de onda de la actividad de los distintos componentes, tenga la máxima independencia temporal entre cada componente.

De una manera más formal (Onton & Makeig, 2006), los datos que analiza ICA son las grabaciones de cada canal del EEG dispuestos en una matriz (véase figura 21, más adelante) de n canales, las filas, y los tiempos, en las columnas. No se usa información de los electrodos y su situación. El ICA separa los datos de la matriz (X) siguiendo el criterio de que los cursos temporales de fuente resultantes (U), sean lo más independientes posible. Concretamente, ICA encuentra un componente en una matriz independiente (W) que, cuando la multiplicamos con los datos originales nos da la matriz de los cursos temporales de componentes independientes (IC):

$$U = WX$$

donde X y U son matrices de $n \times t$, y W es $n \times n$. A través de cálculo de matrices, la igualdad anterior implica también:

$$X = W^{-1}U$$

donde W^{-1} , la matriz inversa de W , es la matriz $n \times n$ de componentes mezclados cuyas columnas contienen los pesos relativos con los que cada componente (IC) se proyecta a los electrodos, como queda reflejado visualmente en los *scalpmaps*.

No olvidemos que el ICA presupone un análisis visual por parte del investigador y una elección algo subjetiva de aquellos componentes que por situación, comportamiento o intensidad, son susceptibles de ser, en realidad, artefactos no relacionados con las señales del córtex. Hay instrumentos complementarios, que clasifican a partir de algoritmos como la curtosis, que veremos en la siguiente sección, aquellos componentes susceptibles de ser artefactos, y automatizan en parte esta intensa tarea. En esta investigación, en la práctica, emplearemos el *plugin* del software MATLAB con EEGLAB, ADJUST (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011), que a partir del ICA, a través de características temporales y espaciales, localiza componentes que respondan a ruido no deseado y trabaja sobre cuatro tipos fundamentales de artefactos que enmascaran la limpieza de la señal: artefactos oculares como parpadeos y movimientos verticales u horizontales del ojo, y lo que Mognon et al. (2011) denominan artefactos genéricos o discontinuidades. Esta última clase responde a actividades anómalas de los electrodos captadores por las condiciones de alta impedancia y amplificación con la que trabaja el EEG y posibles inestabilidades de grabación del dispositivo empleado.

A partir del ICA y tanto algoritmo de análisis, pero conectando con la inquietud neurocientífica y comunicadora que nos mueve, la pregunta interesante de cara a las investigaciones cognitivas sería: ¿tienen las distintas personas que investiguemos componentes cerebrales equivalentes? Es importante concluir si utilizamos una ficción matemática, o realmente una discriminación aproximada de señales del córtex (Onton & Makeig, 2006). Si los resultados son comparables, racimos de señales, con componentes independientes (ICs) entre individuos, *clusters*, deberían ser coherentes, pero con las meras grabaciones de esos individuos, en función de la localización de los electrodos, parece una afirmación arriesgada. Los *clusters* de componentes independientes son necesarios para poder comparar y extrapolar resultados con más de un sujeto y en diversas sesiones (Makeig et al., 2004; Makeig & Onton, 2009) . Por eso usaremos agrupaciones de *clusters* de componentes, con una fiabilidad muy superior a la clásica representación sólo mediante electrodos (véase *Materiales y métodos*).

El problema inverso. No sólo tenemos que diferenciar las voces de nuestro cerebro, sino también saber desde dónde se producen. Parece posible construir un mapa de los cambios eléctricos del cerebro en el tiempo. La técnica de estos mapas, que ya nos son familiares desde el apartado anterior, no fue inventada por neurocientíficos. Por ejemplo, como recuerda Buzsáki (2006), los sismólogos llevan años usando un método idéntico para predecir el momento y el lugar de ocurrencia de los terremotos. Hay miles de estaciones sísmicas alrededor del “cráneo” de la Tierra. Todos los datos recogidos pueden ser centralizados y procesados en tiempo real. Pero la resolución espaciotemporal resultante aún no permite predicciones muy exactas de orígenes y ocurrencias. Recientemente, en octubre de 2015, el *Jet Propulsion Laboratory*, en Pasadena, Estados Unidos, y adscrito a la NASA, ha lanzado una predicción bastante poco habitual, afirmando que un gran terremoto (mayor de 5 en la escala Richter) golpeará la zona de Los Ángeles, en California, asentada sobre la Falla De San Andrés, antes de 2018, asegurando una fiabilidad de 99,9% (Donnellan et al., 2015). Rápidamente, el Servicio Geológico de Estados Unidos (*US Geological Survey*, USGS) se ha apresurado a cuestionar sus cálculos, reduciendo la probabilidad al 85% y cuestionando los métodos de análisis y extrapolación de datos. En el debate, la credibilidad de los métodos de predicción sísmica no queda muy bien⁵: *In the last 30 years California has had 15 earthquakes. 4 of those were in L.A. This article is like saying that the sun is hot. O también: We have at least a 5 every few years somewhere in the region. Any Californian could've predicted the same without a lengthy, and probably expensive, investigation.* La predicción está hecha y podremos contrastar. El trabajo de los sismólogos en algunas ocasiones, es idéntico al de los neurocientíficos, cuando intentan localizar una fuente de señales en el cerebro a partir de unos electrodos distribuidos por el cuero cabelludo. Y este es el desafío que plantea el **problema inverso**, recuperar los elementos y la localización de la generación de los campos neurales basándose en el promedio de la actividad detectada por los electrodos (Buzsáki, 2006). En el EEG, y también en MEG, los mapas de campo de varios dipolos pueden cancelarse entre sí, oscureciendo la localización aproximada de las señales. Esto quiere decir que para un determinado campo magnético, podemos encontrar incontables configuraciones y posiciones de dipolos que producirían los mismos resultados de conjunto (Koenig, 2014). Aún así, en la práctica, la proyección de las fuentes de los dipolos al campo electromagnético que se presenta en el cuero cabelludo, permite muchas veces una estimación visual de las fuentes principales. Una cuestión, que

⁵ La campaña y el debate es intensísimo en las redes sociales. Para ver el punto de vista del Servicio Geológico de Estados Unidos y opiniones de sus geólogos:
<https://www.facebook.com/USGeologicalSurvey/photos/a.169734339739224.34845.102635589782433/955479124498071/?type=3&theater>

viene en nuestra ayuda, es que los dipolos con fuentes superficiales, próximas al exterior de la cabeza, presentan unas líneas de gradientes muy fuertes, esto es, fuentes fiables pueden extrapolarse allá donde las líneas isopotenciales estén densamente apretadas (véase fig. 20a).

El problema inverso fue planteado por primera vez por un astrónomo ruso de 20 años, Victor Amazaspovich Ambartsumian. Como recuerda en su autobiografía:

“I published in 1929 in Zeitschrift für Physik a paper which contained a theorem that among all strings, the homogeneous string is uniquely determined by the set of its oscillation frequencies. Apparently during the fifteen subsequent years nobody has taken notice of that paper (when an astronomer is publishing a mathematical paper in a physical journal, he cannot expect to attract too many readers). However, beginning from 1944, that topic was developed by a number of outstanding mathematicians in obtaining many interesting results related to the «inverse Sturm-Liouville problem». As regards myself I tried persistently during many years to find other cases where one could directly derive natural laws from observational data or, as I now prefer to put it, to solve further inverse problems” (Ambartsumian, 2008, § 14).

A partir de sus trabajos, las aplicaciones del cálculo del problema inverso han tenido multitud de aplicaciones, allá donde haya que interpretar en la práctica, mediciones indirectas, ya sea en Meteorología, Oceanografía, Medicina, Sismología, Cristalografía, Neurociencias, etc. O en Ciencias Sociales, como elaboración de modelos económicos (Gómez-Ramírez, 2012) o comportamientos colectivos. No sólo eso, además de revolucionar la comprensión de las dinámicas estelares, en 1936, Ambarsumian, desde la Ciencias Astrofísicas, resolvió otro problema, planteado por Sir Arthur Eddington: determinar la distribución de velocidades de las estrellas en el espacio a partir de la distribución de sus velocidades radiales (Ambartsumian, 1936). Miremos donde miremos el cielo nocturno, hay estrellas por doquier. Entre ellas se están moviendo y también se desplazan con respecto al Sol, como una estrella más. Las estrellas tienen varios tipos espectrales y brillo de diferente magnitud. Y están a inmensas distancias. Para conocer la localización o la velocidad de una estrella, hay que conocer por lo menos tres parámetros, la velocidad radial, su propio movimiento (hoy se usa el corrimiento al rojo en el espectro) y el paralaje esto es, el aparente desplazamiento, según se mueve la Tierra, de unas estrellas frente a otras a diferente distancia, y que permite triangular geoméricamente a qué distancia están de nosotros. La cantidad de estrellas de las que podemos calcular el paralaje es muy pequeña y aún de menor cantidad es conocida su velocidad radial. Décadas después, la solución matemática de Ambartsumian fue reconocida también como la clave para

la solución del problema planteado en las visualizaciones y diagnosis médicas tomográficas y así fue recordado en la concesión del premio Nobel a la invención de la Tomografía asistida por ordenador (TAC) en 1979. Héroe nacional de Armenia, las cenizas de Ambartsumian reposan allí desde 1996, junto a la torre principal de uno de los mayores orgullos de la antigua URSS, el observatorio astronómico de Byurakan, del que fue director.

P7	P4	Cz	Pz	P3	P8	O1	O2	T8	F8	C4	F4	Fp2	Fz	C3	F3	Fp1	T7	F7	EXT	notas	timestamp
-5817901	-5630589	-8945562	-7531249	-10212470	-10139041	-10136478	-10073201	-6866980	-10243369	-12390099	-8301449	-19148781	10068703	-4015921	-13565971	-9643588	-8306637	-7325926	-8068074		1430418020456
-4991531	-5684681	-8991256	-7528353	-10121650	-10122650	-10129989	-10029985	-6816435	-10218096	-12165456	-8271557	-19141880	10097314	-5987835	-13539649	-9648235	-8344690	-7380111	-8003756		1430418020458
-4998915	-5684380	-8992827	-7525460	-10119677	-10121696	-10129087	-10029081	-6839962	-10215712	-12162019	-8271410	-19140182	10104466	-5982256	-13537551	-9641815	-8342314	-7297898	-8033498		1430418020460
-4985237	-5599458	-8915425	-7521185	-10179088	-10120552	-10127466	-10027426	-6835589	-10218091	-12171355	-8281642	-19138286	10112096	-5979865	-13532007	-9641083	-8336592	-7294569	-8023995		1430418020462
-5813689	-5628011	-8943568	-7519980	-10207658	-10130881	-10135159	-10035810	-6830328	-102105479	-12165479	-8295393	-19146973	10084482	-6002845	-13568725	-9638119	-8321486	-7321486	-8056689		1430418020464
-5827164	-5632314	-8952427	-7557774	-10131781	-101313758	-101337575	-10038584	-6873465	-10210548	-12195540	-8304206	-19158116	10072423	-6013251	-13573216	-9646782	-8374310	-7383780	-8066587		1430418020466
-5805426	-5665684	-8994042	-7599088	-102140614	-10140674	-10146921	-10047453	-6903792	-10270465	-12228681	-8338497	-19159228	10036422	-6046391	-13682592	-9678460	-8405304	-7362888	-8097988		1430418020468
-4951242	-5607253	-8981185	-7598076	-102149632	-10140436	-10147255	-10047588	-6904126	-10280618	-12221817	-8337821	-19159518	10038066	-6046322	-13682876	-9679589	-8405781	-7361937	-8098174		1430418020470
-5868877	-5680818	-8997727	-7603836	-102518065	-10144585	-10151117	-10051554	-6918868	-10294867	-12245680	-8349881	-19164728	10031453	-6057394	-13614688	-9652082	-8419323	-7375336	-8119571		1430418020472
-5804463	-5658433	-8997920	-7588842	-10237920	-10137623	-10144871	-10045355	-6894903	-10270882	-12222959	-8327628	-19156839	10036374	-6039667	-13589812	-9669730	-8395291	-7352289	-8081254		1430418020474
-5801924	-5645132	-8994062	-7569361	-102180204	-10134333	-10141259	-10042383	-6881162	-10252928	-12218942	-8315421	-19151364	10049773	-6026877	-13578511	-9657898	-8393799	-7340858	-8075752		1430418020476
-4999739	-5611468	-8992879	-7534458	-101914864	-10121471	-10123808	-10032337	-6874177	-10224568	-12173732	-8280785	-19143859	100892074	-5989923	-13545133	-9622479	-8345679	-7384664	-8041804		1430418020478
-5006647	-5620194	-8993653	-7542229	-10201264	-10126522	-10133379	-10042192	-6856868	-10271923	-12183333	-8280147	-191451209	10088187	-5996884	-13553573	-9638299	-8356895	-7312352	-8040775		1430418020480
-5801354	-5612946	-8998078	-7536173	-101914864	-10124319	-10131948	-10032432	-6849957	-10225964	-12177230	-8281899	-19142077	10093737	-5986877	-13546839	-9642434	-8358945	-7380958	-8041385		1430418020482
-5821995	-5635680	-8991617	-7559663	-10215046	-10120518	-10137241	-10038536	-6878027	-10247478	-12199355	-8308737	-19158024	10047473	-6008053	-13567544	-9645387	-8373356	-7282528	-8046557		1430418020484
-5831581	-5642891	-8997329	-7542838	-102149632	-10121471	-10123808	-10032337	-6874177	-10224568	-12173732	-8280785	-19143859	100892074	-5989923	-13545133	-9622479	-8345679	-7384664	-8041804		1430418020486
-5066729	-5679415	-8996640	-7603217	-10261390	-10144346	-10150831	-10051697	-6917191	-10292865	-12246181	-8349371	-19163324	10021592	-6057358	-13612740	-9648081	-8417655	-7372666	-8019189		1430418020488
-5807214	-5688751	-8998996	-7614987	-10285203	-10145967	-10152023	-10052036	-6922484	-10297016	-12249087	-8354474	-19163848	10018728	-6065179	-13618470	-9646666	-8421772	-7378531	-8115806		1430418020490
-5807214	-5688751	-8998996	-7614987	-10285203	-10145967	-10152023	-10052036	-6922484	-10297016	-12249087	-8354474	-19163848	10018728	-6065179	-13618470	-9646666	-8421772	-7378531	-8115806		1430418020492
-5806733	-5692290	-8998798	-7614988	-10285203	-10145967	-10152023	-10052036	-6922484	-10297016	-12249087	-8354474	-19163848	10018728	-6065179	-13618470	-9646666	-8421772	-7378531	-8115806		1430418020494
-5806733	-5692290	-8998798	-7614988	-10285203	-10145967	-10152023	-10052036	-6922484	-10297016	-12249087	-8354474	-19163848	10018728	-6065179	-13618470	-9646666	-8421772	-7378531	-8115806		1430418020496
-5811853	-5629873	-8961633	-7532672	-10211787	-10129373	-10136240	-10037339	-6866265	-10243138	-12199689	-8299256	-19148352	10078706	-6086479	-13561258	-9639884	-8367444	-7322979	-8058478		1430418020498
-5822368	-5635548	-8953286	-7559380	-10217628	-10130947	-10137241	-10038065	-6871853	-10248471	-12285216	-8304581	-19158116	10069489	-6008065	-13565674	-9645882	-8372726	-7328568	-8066357		1430418020500
-5814222	-5629635	-8947325	-7552195	-10212565	-10135811	-10137810	-10036789	-6865789	-10243855	-12199641	-8299358	-19145288	10078522	-6083189	-13561298	-9640933	-8367157	-7321883	-8055596		1430418020502
-5804826	-5655527	-8971486	-7576943	-10236550	-10136192	-10143202	-10044258	-6891346	-10268164	-12224627	-8327264	-19155933	10054398	-6027413	-13586618	-9666380	-8391333	-7347155	-8088341		1430418020504
-5805478	-5660733	-8982945	-7588482	-10247808	-10139721	-10146381	-10046976	-6901789	-10273823	-12237168	-8333874	-19158794	10048925	-6038952	-13598943	-9678886	-8402295	-7358838	-8095949		1430418020506
-5805511	-5700016	-9015228	-7622147	-10288889	-10149658	-10155584	-10056513	-6955921	-10312750	-12273178	-8361491	-19168888	10083663	-6071909	-13621556	-9709693	-8436156	-7393178	-8123119		1430418020508
-5808711	-5781256	-9018851	-7634579	-10283042	-10150121	-10156681	-10057223	-6937218	-10315896	-12276412	-8370114	-19170800	9996881	-6082869	-13632394	-9712029	-8438548	-7394171	-8123885		1430418020510
-581252	-5713177	-9028915	-7636823	-10291487	-10153486	-10159708	-10060613	-6949887	-10326625	-12288333	-8382655	-19173576	10061395	-6095696	-13644983	-9722663	-8440468	-7408852	-8142043		1430418020512
-5811867	-5688922	-8984852	-7618465	-10261749	-10146349	-10152548	-10063175	-6932771	-10381495	-12262393	-8364765	-19165613	10087144	-6068945	-13618988	-9666580	-8423329	-7378531	-8115806		1430418020514
-5802771	-5671418	-8992843	-7608465	-10254648	-10143773	-10149544	-10060837	-6933338	-10398926	-12251664	-8344698	-19162188	10091248	-6046452	-13606662	-9665612	-8412362	-7367664	-8104154		1430418020516
-5802392	-5643948	-8982021	-7598287	-10250537	-10133665	-10148818	-10041111	-6880429	-10259859	-12220098	-8315887	-19153488	10056639	-6023121	-13575587	-9654781	-8381686	-7338847	-8077528		1430418020518
-5820392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020520
-5820392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020522
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020524
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020526
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020528
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020530
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9652329	-8379317	-7335091	-8078422		1430418020532
-5802392	-5642387	-8982629	-7556562	-10222674	-10132664	-10139815	-10039966	-6879282	-10265577	-12215997	-8311511	-19152071	10065127	-6018591	-13572646	-9					

momentos (en esta investigación que presento, en filas de 500 muestras (*samples*) por segundo en 20 columnas, una por cada electrodo (más dos columnas adicionales, una con el tiempo UNIX –ver glosario–, y otra con los *triggers*, anotaciones que permiten una marca temporal para situar los estímulos, los cambios de plano en uno de los experimentos, por ejemplo. figura 21 y véase *Materiales y métodos*).

La potencia de las señales medidas por los electrodos del EEG en el cuero cabelludo en relación a las corrientes generadas por la actividad neuronal real se puede describir por (Giraldo et al., 2010; Zuluaga, Castellanos, & Giraldo, 2013):

$$y = Mx + \mathcal{E}$$

y sería un vector con una dimensión $d \times 1$ que recoge las mediciones del EEG sobre el cuero cabelludo con d electrodos en un instante de tiempo determinado. El vector $x = [x_1 \cdots x_n]^T$ tiene una dimensión de $d \times 1$ y contiene los vectores de densidad de corriente $x_n = [x_{ni} \ x_{nj} \ x_{nk}]^T$ siendo $n = 1, 2, \dots, N$, siendo N el número de fuentes dentro del cerebro. La matriz M es de dimensión $d \times 3N$ y relaciona la densidad de corriente dentro del cerebro x con las mediciones que obtenemos en la práctica del EEG, y , la llamada matriz de campo guía que explicábamos en la sección anterior. La matriz M se calcula con las ecuaciones de Maxwell para un modelo ideal de cabeza, cosa que veremos próximamente (Giraldo et al., 2010, usan el modelo BEM, en nuestra investigación apostamos por BESA –*Spherical 4shell* BESA– desde DIPFIT conectado a EEGLAB). El vector \mathcal{E} con dimensiones $d \times 1$ representa una variable aleatoria que refleja las características fuera del modelo de cabeza que usemos, como el ruido y las interferencias en la medida. Se asume como una distribución gaussiana (Giraldo et al., 2010).

El problema inverso quedaría definido pues, como la estimación de un vector de corriente x a partir de un vector de mediciones del EEG, y , considerando información a priori de x . Esto último supone lo que se llama un problema mal condicionado (*ill-conditioned* o *ill-posed*), puesto que, recordemos, el número de electrodos en la cabeza, la dimensión de y , es muy inferior al número de fuentes de ritmos en el cerebro. Estamos recuperando un serie finita de parámetros que son desconocidos. La densidad de corriente de esos ritmos como reflejo de la actividad neuronal, la dimensión de x , debe ser calculada con esta limitación. Ahora bien, la formula expresada arriba sería el problema inverso estático o instantáneo,

porque sólo usamos los resultados en un momento del tiempo para resolver x (Giraldo et al., 2010). En el transcurso del tiempo, para estimar x habría que tener en cuenta la limitación de los momentos de las muestras temporales, k y la evolución de la corriente de las fuentes, que fluctuará o cambiará $x_k, x_{k-1}, x_{k-2}, \dots$, esto es:

$$y_k = Mx_k + \varepsilon_k$$

Hasta hace unos años, para resolver el problema inverso en EEG se intentaba cuadrar *scalpmaps*, donde se aislaba una sola fuente dipolo (como en el ejemplo del simulador de la fig. 20a, de la sección anterior) porque se buscaba, por ejemplo, sólo los picos de comienzo de los ERP para encontrar la llegada de un estímulo sensitivo al córtex y una única fuente activa. Otros intentos trabajaban con ideas preconcebidas de localizaciones cerebrales. Hoy una solución buena, que une las dos herramientas que hemos visto, es usar previamente el análisis de componentes, ICA, y conocer así el patrón de proyección de las fuentes hacia el exterior de la cabeza. Se observa que muchos componentes tienen *scalpmaps* que coinciden con la proyección de un dipolo, matizado por la regular resolución espacial del EEG (Delorme et al., 2011). El ICA nos permite regularizar el problema inverso y, aunque la localización suele ser algo más profunda de lo que nos dan los resultados, y la localización espacial exacta depende de la orientación del grupo de neuronas fuente en el cerebro, el cálculo de las fuentes dipolos es mucho más exacto (fig. 22) con herramientas que parten de ICA, como DIPFIT2, *plugin* de algoritmos desarrollado por Robert Oostenvelt desde el *Donders Institute for Brain Cognition and Behavior* en Nijmegen, Países Bajos (Oostenvelt, Delorme, & Makeig, 2003). DIPFIT2 también usa el paquete de análisis estadístico para EEG, *FieldTrip*, por defecto instalado en EEGLAB y permite el ajuste de dipolos (*dipole fitting*), véase la figura 22.

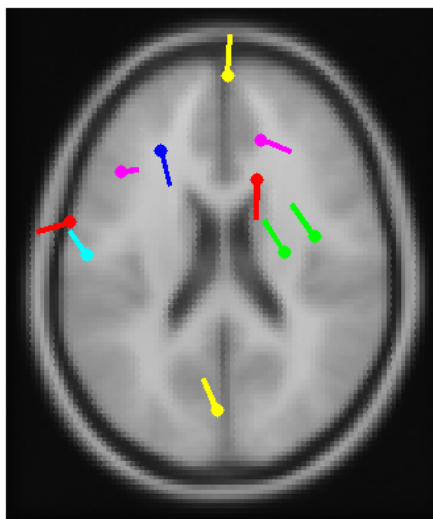


Figura 22. Dipolos extraídos del *dataset* preprocesado del sujeto 12 de esta investigación que presentaremos, en condición de observación del estímulo del plano secuencia en pantalla. Estas fuentes dipolo son, en realidad, componentes de fuentes cerebrales obtenidos después de ejecutar ICA y aplicando DIPFIT (Oostenvelt et al., 2003). Con finalidad demostrativa, he seleccionado unos pocos componentes cuya varianza residual era menos del 25%. El programa también permite una visualización tridimensional. Fuente: elaboración propia. EEG de Neuro-Com Research Group, procesado de artefactos, re-referenciado, separado por *epochs* y calculados mediante DIPFIT (Oostenvelt et al., 2003) desde EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004), sobre MATLAB 2010b.

Resumiendo, para desentrelazar y localizar las señales que grabamos mediante EEG, hay que recurrir a la elaboración de modelos aproximados de la cabeza y el cerebro. Habría dos grandes grupos de recursos de análisis (Koenig, 2014), esquematizados en la figura 23, que en cierta manera, también resume el enfoque de esta investigación.

Los modelos temporales, que asumen que registramos una serie de procesos y sus disposición en el tiempo (fig. 23). Los modelos de este tipo más importantes serían el ICA y el análisis de *clusters*, ya comentado y que veremos en la metodología y en la práctica de la investigación presente.

Los modelos espaciales, representados por las soluciones al problema inverso (fig. 23). Aquí haríamos inferencias sobre la distribución de las fuentes de señales en el cerebro y escogeríamos algunas, entre la multitud, de la sinfonía cerebral. Aquí se emplea la localización discreta de dipolos, que hemos comentado y las soluciones distribuidas como LORETA y sLORETA (Pascual-Marqui, 1999; Pascual-Marqui, Esslen, Kochi, & Lehmann, 2002), por ejemplo, que no usaremos esta vez en nuestra investigación.

Tendremos que añadir a este panorama sinóptico, las más modernas, herramientas de análisis de conectividad cerebral en el EEG.

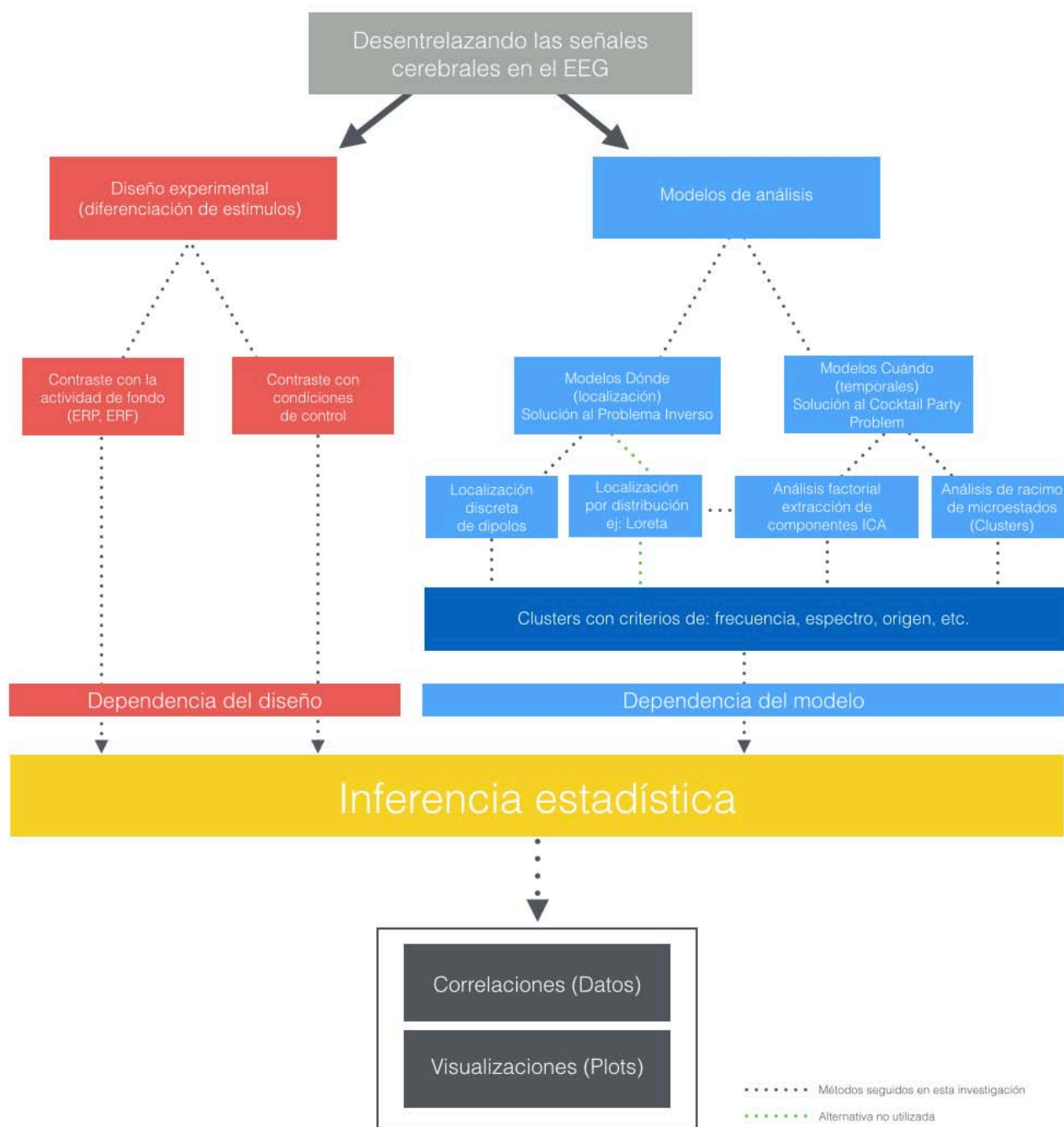


Figura 23. Diferentes técnicas de discriminación de componentes y señales en EEG. El esquema refleja la aproximación que se ha seguido para esta investigación. Más detalles en el texto y en la sección de *Materiales y métodos*. Fuente: adaptado, traducido y modificado de Koenig, 2014.

Conectividad cerebral. El mejor método para analizar las señales cerebrales debería ser un algoritmo de tiempo-frecuencia que describiese perfectamente los cambios en todas las frecuencias en función del tiempo (Buzsáki, 2006). Pero no tenemos esa posibilidad, no hay concepto del tiempo en el dominio de la frecuencia y no hay concepto de la frecuencia en el

dominio del tiempo. Como recuerda Buzsáki (2006), son conceptos ortogonales. Sí podemos, analizar la potencia de una señal en un momento determinado (ERP) o la amplitud a un tiempo determinado y ver cómo se comporta el espectro de frecuencias en un modelo en dos dimensiones (ERSP), que es por lo que nos hemos inclinado en esta investigación. Por eso, en EEG las herramientas de análisis se dividen en aquellas analizan en el dominio de la frecuencia o las que trabajan en el dominio del tiempo.

Así pues, espacio, tiempo y frecuencia son los parámetros con los que nos enfrentamos en el estudio de las señales cognitivas. En esta investigación no usaremos un modelo localizacionista, en parte por limitaciones de precisión del EEG, pero también advertidos de una cierta fatiga sobre lo que se ha llamado la “nueva frenología” (Uttal, 2001) o pretender que los procesos psicológicos se pueden abstraer a una única región del cerebro. También esto es discutido, señalando que las funciones mentales están distribuidas, pero es fundamental conocer sus múltiples subcomponentes que sí son localizados en regiones específicas (Hubbard, 2003). En todo caso, un buen planteamiento de cara a lo que llaman “una perspectiva tridimensional en el estudio de la cognición” lo ofrece un grupo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid y la Universitat de les Illes Balears (Maestu et al., 2005) que recuerdan las preguntas ideales a las que puede responder un estudio de neuroimagen, resumiendo las presentes disquisiciones procedimentales: ¿DÓNDE? o en qué áreas aparece la actividad, ¿CÚANDO? o en qué momento hay una activación y si esta actividad es en serie o paralelo, y ¿CÓMO se organiza esa actividad ante un proceso? Es verdad que a partir del estudio de lesiones cerebrales muchos estudios se han centrado exageradamente en la localización exclusivamente. Pero es muy posible que un fenómeno cognitivo se apoye, como hemos visto en secciones anteriores, en una red neuronal diseminada (Fuster, 2003; Maestu et al., 2005). Hoy hay una tendencia a usar análisis que permitan ver la conectividad simultánea o en el tiempo entre redes neurales. No hablaremos aquí de técnicas diferentes al EEG, pero muy prometedoras, como la neuroimagen tractográfica, próxima a la MRI, como la imagen con tensores de difusión, pero sí que hay que comentar que todas las herramientas de software avanzado para análisis de MEG o EEG, ya incorporan poderosas herramientas de análisis de conectividad, que utilizaremos en posteriores desarrollos de la investigación que nos ocupa. En el caso del software que uso para el análisis de EEG de nuestro experimento, EEGLAB (Delorme et al., 2011), ya incorporan herramientas de dinámica multisujeto como MPT (Measure Projection Toolbox) o, especialmente, SIFT (Source Information Flow Toolbox), que busca aunar conectividad y

funcionalidad de las señales buscando correlaciones entre regiones cerebrales durante el proceso de trascurso de los experimentos. SIFT trabaja buscando conexiones entre fuentes discriminadas (Delorme et al., 2011), por lo que efectúa sus cálculos a partir del cálculo de componentes independientes, ICA, que hemos visto, ya a la búsqueda colaborativa de un mapa completo de las conexiones cerebrales humanas (*humanconnectomeproject.org*, véase también Mullen, Delorme, Kothe, & Makeig, 2010). Para los estudios de los procesos de comunicación en el cerebro humano, estas técnicas cobrarán mucha importancia para la comprensión de qué pasa ante un estímulo audiovisual. Un ejemplo, investigado desde la Neuroestética, serían los experimentos, ya citados, sobre la interrupción en los *default mode networks*, DMN (véase secciones *Neuroestética*, *Neurocinemática* y *Las respuestas de Nakano*; véase también Cela-Conde et al., 2013), en los momentos en que se pide paso a la atención, para tomar decisiones como en la apreciación de la belleza o la valoración estética. Camilo José Cela-Conde, filósofo, antropólogo y neurocientífico, que comanda entre multitud de actividades, el Laboratorio de Sistemática Humana, e investiga en el grupo de Evolución y Cognición Humana (EvoCog), ambos de la Universitat de les Illes Balears, el último adscrito también al IFISC (*Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems*) con el CSIC, presentó en esta investigación, un análisis de dinámica de conectividad funcional mediante MEG. Se contaba con dos condiciones para los estímulos a través de la presentación de obras artísticas pictóricas y fotografías de variados estilos, para tomar la decisión de si eran percibidas como maravillosas o no. Se buscaba confirmar la hipótesis de que la apreciación artística se basa en la activación de dos diferentes redes neurales, una inicial y otra retrasada en otra ventana temporal. La activación del DMN se correspondió con esta última red (Cela-Conde et al., 2013). Concretamente, se encontró una rápida valoración estética en los sujetos, formada en una ventana en torno a los 250–750 milisegundos, que representaría la activación de la primera red neuronal de apreciación estética. Posteriores procesos, la valoración estética propiamente dicha, se encontraron en una ventana posterior, la otra red, entre los 1000 y los 1500 milisegundos. La red inicial se veía implicada tanto en los estímulos considerados maravillosos y en los que no. La segunda, parecía sincronizarse más en los estímulos maravillosos y ahí aparecía la conexión con el DMN, cuando se tomaba la decisión estética en sentido concreto. Para esta investigación, se utilizó un software de conectividad diferente a los comentados anteriormente. Se empleó, corriendo también sobre MATLAB, HERMES (Herramientas de Medida de Sincronización) un desarrollo propio del CBT, Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid (Niso et al., 2013; en Supporting Information, SI Methods, Nonlinear connectivity analysis de Cela-Conde et al., 2013). HERMES trabaja con

señales ya procesadas y limpias, analizando la conectividad funcional (FC) estadística, y la efectiva (EC), información causal. Entre otros parámetros de conectividad, trabaja con causalidad de Granger (Niso et al., 2013), que permite ver si los resultados de unos valores sirven para predecir otros, comparando en el tiempo una primera serie de datos y observando si pueden predecir una segunda serie temporal. Cabe esperar muchos estudios de conectividad neural y resultados provechosos para muchas investigaciones perceptivas y las Ciencias de la Comunicación deben estar presentes. Ya he comentado en otro lugar que no por saber el dónde, sabemos cómo, pero conocer el proceso, cabe esperar que nos aproxime al qué.

3.7.4. Caracterización del Parpadeo en la señal de EEG y EOG

“I find artifact correction to be a bit scary. Any procedure that subtract an estimated value from my data makes me nervous”
Steven Luck, 2014

El ojo es un dipolo eléctrico, con una carga positiva anterior y carga negativa posterior. Cuando abrimos y cerramos los párpados, los ojos miran hacia arriba, creando una carga positiva en las derivaciones frontales anteriores. La córnea es aproximadamente 100 mV positivos con respecto a la retina. Se creía que la rotación del ojo creaba un campo magnético debido al movimiento en cualquier eje de este dipolo (Pesin, 2007, para un buen resumen). Hoy se cree que hay otros factores que influyen también para crear la señal del parpadeo, como los párpados deslizándose sobre el globo ocular provocando la señal que aparece en el EEG (Fisch & Spehlmann, 1999).

Hay muchos métodos para contar parpadeos en investigaciones con animales y humanos. El método más seguro, y considerado como referencia (Skotte et al., 2007), es contarlos manualmente a partir de una grabación, a ser posible en alta velocidad para evitar dudas. Una grabación clásica de video trabaja a 25 o 30 frames por segundo, que suponen 40 ms estáticos que perdemos por frame frente a los 150-400 ms que puede durar un parpadeo (Shapiro & Raymond, 2008; Skotte et al., 2007; Stern et al., 1994; VanderWerf et al., 2003). Pero para periodos largos es, como es lógico, muy laborioso, y exige frecuentemente el visionado repetido frame a frame para asegurarse. En la investigación que presento hemos usado este método para triangular la frecuencia de parpadeo (BR) obtenida con algoritmos de detección en el EEG a partir de electrodos prefrontales y electrooculográfico (Tadel, Baillet, Mosher, Pantazis, & Leahy, 2011) y análisis de componentes (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011). Con la adecuada selección de electrodos, FP1, FP2 e infraorbital, los resultados coincidieron con las revisiones visuales de las grabaciones.

Cabe decir que hay numerosos sistemas de detección automática de costes diferentes,

que usan técnicas variadas para detectar parpadeos. Además de algoritmos mediante EEG, por ejemplo, análisis de video con patrones gráficos (Tsubota & Nakamori, 1993) o técnicas infrarrojas, bobinas o anillos electromagnéticos, electromiografía (EMG), y sistemas electrooculográficos (EOG) (Skotte et al., 2007).

Un parpadeo típico tiene una amplitud de 400 microvoltios (μV , 10^{-6}V) y una duración de 150 a 400 ms. En el EOG se refleja un pico grande de subida y una caída menor abrupta (fig. 24).

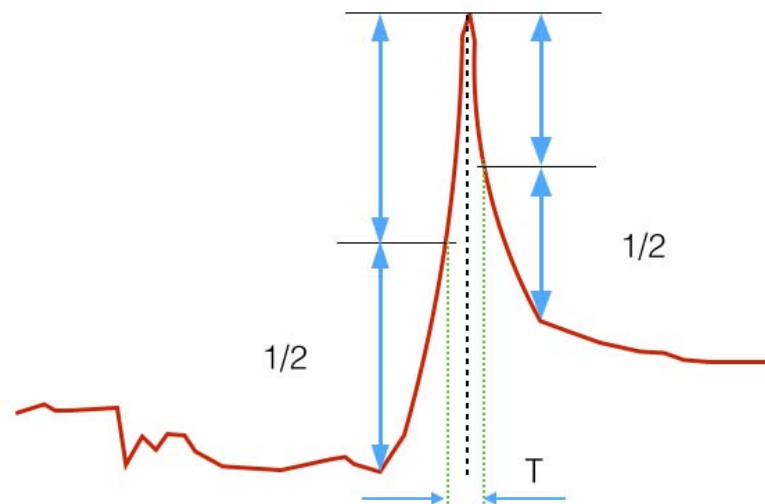


Figura 24. Esquema del criterio aceptado para decidir la duración, T , de un parpadeo en las mediciones electrooculográficas (EOG). Se utilizan las dos mitades superiores de subida y bajada desde la cresta. La duración del parpadeo y su amplitud cobran mucha importancia en los sistemas de detección de bajadas de atención o adormecimiento de los conductores (Ito, Mita, Kozuka, Nakano, & Yamamoto, 2002). Muchos de los estudios sobre este tema han sido liderados por el Instituto sueco de investigaciones sobre las carreteras y el transporte (Anund, Peters, Sehamar, & Lowden, 2004). Para ver una grabación real de unos parpadeos en EEG, véase la fig. 36 en la sección de *Materiales y métodos*. Fuente: dibujo del autor adaptado de Svensson, 2004.

En dicha señal de EOG, será importante distinguir parpadeos de movimientos oculares verticales. Los parámetros que se suelen extraer para describir el comportamiento del parpadeo suelen ser la frecuencia de parpadeo (BR, SBR), ya examinada, la amplitud o apertura del párpado en milivoltios (mV , 10^{-3}V) y la duración, en milisegundos (ms). La definición lógica de la duración de un parpadeo debería venir dada por el comienzo y final del parpadeo midiendo ambos en el punto donde la mitad de la amplitud se alcanza. Pero cuando el parpadeo coincide con un marcado movimiento vertical de los ojos, la señal se desplaza verticalmente mucho más. Por eso se considera que es mejor definir la duración del parpadeo como la suma de la mitad del incremento y la mitad del decremento del periodo de parpadeo (véase fig. 24). De esta manera se utiliza la segunda mitad del incremento hasta la cresta y la

primera mitad de la caída, pues es más complicado localizar exactamente el comienzo y el final de la señal (Svensson, 2004).

El espectro de los parpadeos está más concentrado en el rango de los 0.5 a los 3 Hz. En esas frecuencias es muy fácil discriminarlo de datos corticales del EEG. Por eso, esas frecuencias suelen usarse para detección automática de parpadeos en los softwares de análisis de EEG habituales (Manoilov, 2006).

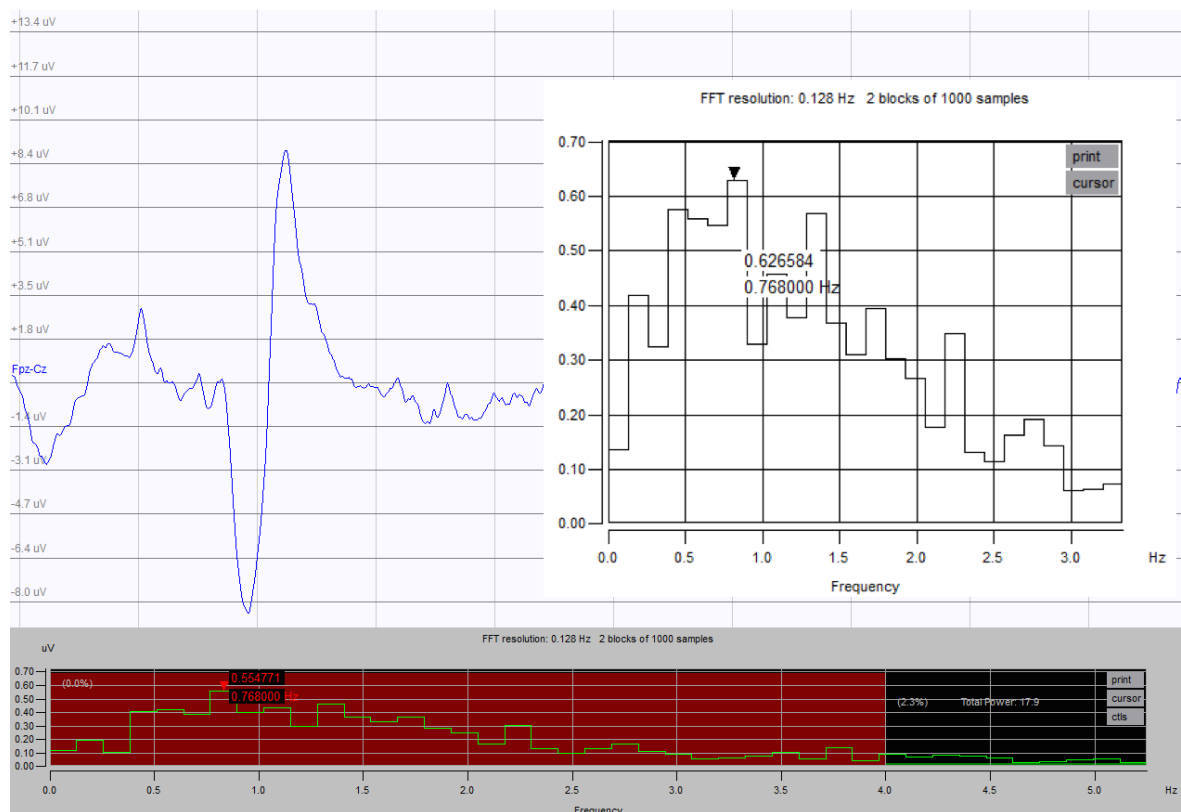


Figura 25. Señal de un parpadeo en EEG. La señal seleccionada proviene del electrodo prefrontal central cerca de los ojos, Fpz, tomando como referencia Cz y filtrada entre 0.5 y 3Hz. A esta frecuencia, los picos del parpadeo destacan con claridad. Fuente: elaboración propia a partir de una grabación médica de 20 canales de EEG de acceso libre de un sujeto sano de 35 años en reposo (grabación de referencia de Polyman 1.15.3.065 en 2012). La señal fue filtrada y analizada con el software EDF Browser, el lector estándar del European Data Format para EEG (EDFbrowser 1.56, licencia GNU de Teunis van Beelen 2007-2012).

El parpadeo está muy bien caracterizado en la señal de EEG. Las señales que grabamos son estocásticas, pero podemos analizarlas estadísticamente y, aunque se nos presentan aleatorias e impredecibles, un fenómeno puntual como el parpadeo, muestra una distribución con una curva muy pronunciada en las muestras de EEG. Las medidas del *momento* probabilístico permiten una caracterización de su forma e implementar algoritmos de detección, por ejemplo. En una distribución de eventos, el primer momento sería la media de

las ocurrencias, el segundo momento, la varianza, pero aquí nos interesan especialmente el tercer momento, la oblicuidad y sobre todo, el cuarto, la curtosis. La curtosis que presentan los parpadeos, como medida de la forma de la señal (fig. 25), es muy elevada. En la señal de EEG, a cada grupo de muestras se le denomina ocurrencias, eventos o funciones simples ($x(t)$). La ocurrencia de los eventos sería la media (μ) denominada también momento central de primer orden como decíamos. El momento central de segundo orden es la varianza, cuya raíz cuadrada es la desviación estándar o típica (σ) que mide la dispersión en torno a los eventos. La curtosis, el momento central de cuarto orden, caracteriza el mayor o menor aplanamiento de la forma de distribución de la señal, que definida para una distribución normal sería:

$$Curtosis = E \left\{ \left[\frac{x(t) - \mu}{\sigma} \right]^4 \right\}$$

El coeficiente de curtosis de un evento es mucho más elevado en el caso de los parpadeos. Una mayor curtosis implica una concentración de eventos cerca de la media al tiempo que presenta una frecuencia de datos alejados de la misma. El resultado es una distribución de frecuencias con colas muy elevadas y puntiagudas. A esta distribución se le llama leptocúrtica por comparación con la distribución normal (mesocúrtica) o la que presenta una imagen más aplanada (platicúrtica). En el EEG, otras señales que interfieren las respuestas corticales, como movimientos de ojos o movimientos musculares, tienen un coeficiente de curtosis muy inferior. Luego los parpadeos pueden ser detectados a través del coeficiente de curtosis (Chambayil & Rajesh Singla, 2010; Sovierzoski, Argoud, & Azevedo, 2008).

Como hemos visto anteriormente, a través del análisis de componentes y la comparación de patrones, los algoritmos se sofistican y complican mucho, pero permiten un análisis efectivo en la evolución temporal del EEG.

Sin embargo para estudios neurocientíficos a través del EEG, generalmente se considera al parpadeo como un artefacto distorsionador a evitar. Este campo eléctrico creado por los parpadeos puede ser el doble de potente o más, que las señales de los ritmos cerebrales y enmascarar las señales de actividad cerebral que grabamos a través del cráneo (Pesin, 2007).

Gran parte de los desarrollos informáticos modernos, implementan algoritmos de

detección de parpadeo para eliminarlos y tener señales más limpias del córtex. Pero esa preocupación por su detección ha provocado sistemas que aíslan muy bien su señal. Esto se está usando en desarrollos de interfaces cerebro máquina, BCI , donde su detección cuidadosa, muchas veces a partir del coeficiente de curtosis, se emplea para manejar sillas de ruedas, menús de ordenador o dispositivos de ayuda para parapléjicos (Ahmed, 2012; Lin, Ko, & Chiou, 2008). También es muy interesante su uso para la detección de la llamada fatiga del conductor (Ito et al., 2002) y se esta implementando con éxito en sistemas de conducción como aviso de cansancio o de que el conductor se está durmiendo (Svensson, 2004). Ya hemos visto en otra sección el interesante uso del parpadeo para ayudar al diagnóstico de algunas enfermedades neurológicas.

En todo caso el parpadeo involuntario es un eco que nos aparece recurrentemente en el panorama de la sincronización y desincronización de los ritmos del cerebro (Buzsáki, 2006). Ya sea para puntuar la atención, marcar la memoria de trabajo o no perdernos un plano. Vamos a ocuparnos de los experimentos que permitan medir y mostrar la manifestación de este fenómeno y cómo percibe el cerebro las pantallas versus la realidad.

3.7.5. Caracterización e inhibición del Ritmo μ

“Parodying the title of Ramón y Cajal’s major book, the brain is a text from which we know precisely its texture (thanks to his contributions, as well as to those of many other neuroscientists), but we are still incapable of understanding its semantics”.

José María Delgado-García, 2015

“To give the monkey some food, we had, of course, to grasp it. To our surprise we found that some F5 neurons discharged not when the monkey looked at the food, but when the experimenter grasped it. The mirror mechanism was discovered”.

Giacomo Rizzolatti, 2010

En nuestras investigaciones buscamos, como se ha dicho en los precedentes de esta sección, analizar la supresión del ritmo μ , cuando los sujetos miran acciones de agarrar objetos observando pantallas y en la realidad. Ya comentamos que puede ser un reflejo del trabajo del sistema de neuronas espejo. También veremos el comportamiento de este ritmo asociado al cambio de plano en la edición audiovisual.

En el invierno de 1991, Giacomo Rizzolatti del Departamento de Neurociencias de la Universidad de Parma, en Italia, junto con Giuseppe Di Pellegrino, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi y Vittorio Gallese, enviaron una comunicación a la revista *Nature* sobre un extraño grupo de neuronas que encontraron en el córtex ventral premotor de monos (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2010). Esas neuronas se disparaban tanto cuando el mono (*Macaca nemestrina*) hacía algún acto motor, como cuando observaba a otro mono o persona ejecutando un acto similar. *Nature* rechazó la comunicación, por su “falta de interés” y sugirió a los autores que probaran en otra revista más especializada. El artículo, publicado al final en *Experimental Brain Research*, y titulado *Understanding motor events: a neurophysiological study* (Di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese & Rizzolatti, 1992), iba a suponer el descubrimiento del sistema de neuronas espejo (*Mirror Neuron System*, MNS) y una revolución en nuestra manera de entender la comunicación, el aprendizaje y la empatía.

Rápidamente se adelantaron dos principales hipótesis sobre la función de estas neuronas. Una era que las neuronas espejo mediaban los mecanismos de la imitación. La otra,

que las neuronas espejo eran la base para la comprensión de acciones. En todo caso ambas ideas parecían correctas. Parece que este sistema tiene una gran importancia evolutiva pues es uno de los que nos permite entender las acciones de otros. Además, en el caso humano, parece estar en la base del aprendizaje por imitación, esto es, aprender a hacer algo viendo cómo lo hacen los demás, pero esta no fue su meta original (Rizzolatti & Craighero, 2004). Prácticamente sólo las personas y los primates superiores pueden aprender por imitación. Cada vez que alguien ve una acción por parte de otro individuo, las neuronas se activan en el córtex premotor del observador. Se induce automáticamente una representación motora de esa acción que se corresponde a la acción vista como si se ejecutara. En realidad, el sistema de neuronas espejo transformaría información visual en conocimiento (Rizzolatti & Fabbri-Destro, 2010). Lo novedoso de este sistema es que es un proceso independiente del razonamiento clásico y abre la puerta a una explicación científica de la empatía, ponerse en el lugar de otro. Como dice Rizzolatti, cuando la gente piensa, siente o dice: “siento tu dolor” hay un camino que cognitivamente, puede llegar por compromiso o no, a esa observación, pero hay otro camino automático, el del sistema de neuronas espejo, que hace que empáticamente, sea literalmente verdad (Rizzolatti, Fogassi & Gallese, 2006), como, por ejemplo, me encojo cuando vemos que alguien se da un fuerte golpe, o acuso el puñetazo de un boxeador que veo en televisión, o salto de miedo en el cine.

Hay muchos datos indirectos que brindan pruebas de la existencia del MNS en humanos, incluso antes de bautizarlo así. Los experimentos neurofisiológicos han probado, como vimos en los precedentes de esta sección, que cuando las personas observan una acción ejecutada por otras personas, su córtex motor se activa. En el caso de grabaciones de EEG, se produce una desincronización de ritmos grabados en zonas motoras y premotoras, el llamado ritmo mu, que Henri Gastaut (véase sección *El precedente* de Gastaut), descubrió al proyectar las imágenes de boxeo (Cohen-Séat, Gastaut, & Bert, 1954; Gastaut & Bert, 1954). Los ritmos mu, μ , son unas oscilaciones que se presentan en el EEG entre los 8 y los 13 Hz. Se distinguen a veces dificultosamente de los ritmos alpha, de parecida frecuencia. Mu en realidad, presentaría unas fuentes anteriores en el córtex y se desincroniza y presenta una fuerte atenuación con la actividad motora y no con la visual, que es el caso de alpha (Perry & Bentin, 2009). Como ya se ha dicho, esta supresión o desincronización de mu se considera que puede ser una manifestación del MNS.

Este comportamiento de supresión en la red frontoparietal es sensible también a influencias afectivas. Se han encontrado ritmos mu en etapas muy tempranas del desarrollo humano (Pineda, 2005; Marshall & Meltzoff, 2011) y está comprobado que las personas pueden aprender a controlar a voluntad estos ritmos con muy poco tiempo de aprendizaje, para aplicaciones de BCI, por ejemplo, y mover un cursor por una pantalla de ordenador (McFarland, Miner, Vaughan & Wolpaw, 2000). Dado su papel en la transformación de lo que se ve y se oye, en lo que se hace, que parece ser una de sus funciones, se hacen multitud de estudios sobre acciones y eventos asociados mediante EEG (Pfurtscheller, Brunner, Schlögl, & Lopes da Silva, 2006; Muthukumaraswamy, Johnson, & McNair, 2004; Cheng et al., 2008).

Hemos hablado de la utilización del parpadeo como marcador de atención y herramienta de diagnóstico en el autismo (Nakano et al., 2011), donde la no disminución de parpadeos, observando interacciones sociales, se ha usado como marcador de desórdenes asociados al espectro autista (ASD). El autismo afecta a muchas estructuras nerviosas, pero desde el punto de vista del neurodesarrollo, muchos de sus síntomas, como problemas de comunicación, lenguaje, comprensión de los otros, parecen implicar las funciones atribuidas al MNS. En 1999, en un póster del Congreso de la *Society for Neuroscience* en Nueva Orleans, Estados Unidos, se lanzó esta hipótesis (Altschuler et al., 2000), y uno de los participantes en el póster, Vilayanur Ramachandran, en 2006, la popularizó, con un artículo de *Scientific American* con el nombre de “cristales rotos”, *broken mirrors*, que bautizó la hipótesis y que postula que es un funcionamiento defectuoso en el MNS el que puede estar detrás de algunos desórdenes o síntomas del espectro autista (Ramachandran & Oberman, 2006). Así pues, la supresión o no del ritmo mu también se usa para el diagnóstico de desórdenes ASD y constituye un marcador asequible, si bien hasta ahora se usa casi exclusivamente en entornos de investigación (Oberman et al., 2013; Palau-Baduell, Valls-Santasusana & Salvadó-Salvadó, 2011).

El ritmo mu aparece en casi todas las personas en estado de reposo, y se suprime contralateralmente, cuando se ejecuta algún movimiento. En las calibraciones rutinarias de EEG, se puede encontrar abriendo y cerrando la mano y buscando en el hemisferio contrario, la correspondiente supresión en la frecuencias medias, 8-13 hz.

Ahora bien, el ritmo mu y su supresión en el área premotora, grabado con magnetoencefalografía, MEG, más sensible y con más penetración que el EEG,

presenta componentes diferentes en alpha y beta (Jones et al., 2009). En EEG generalmente se observa sólo una componente de alpha (mu-alpha, si bien en algunas de las investigaciones que presentaremos en este trabajo, parece adivinarse, en los ERSP, retrasada en el tiempo, mu-beta). Esto ha llevado a confusiones con la identificación del ritmo acentuadas por la no concurrencia temporal de los componentes de mu-alfa y mu-beta. También hay muchos debates sobre el origen-fuente de este ritmo en el cerebro. Se cree que el componente mu-beta se produce en el córtex motor precentral, mientras que los componentes de mu-alpha vendrían del córtex somatosensorial postcentral, si bien hay estudios que explican que ambos componentes se expresan en una única área (Jones et al., 2009). A través del EEG, no podemos decir nada de ello, pues sólo con más estudios y con dispositivos de sensibilidad superior, podrá ser aclarado.

El fenómeno de la desincronización de mu nos brinda, en realidad, un enlace entre los procesos cerebrales y las acciones externas de nuestro comportamiento. Y en cierta manera, provoca un interés fascinante, puesto que a través de la empatía podría medir nuestra implicación con la realidad. Esta investigación, registrando la desincronización diferencial de mu en pantallas o realidad, según acciones semejantes, permitiría disponer de un marcador sobre qué procesa nuestro cerebro como más real, si la pantalla del televisor o ver a una persona en directo. También deberíamos ver estos cambios como con diferentes tipos de montaje y en diferentes tipos de sujetos.

3.7.6. La influencia de la especialización

“Representation” of external reality is therefore a continual adjustment of the brain’s self-generated patterns by outside influences, a process called “experience” by psychologists
György Buzsaki, 2006

“I never noticed part of my brain growing - it makes you wonder what happened to the rest of it”.
David Cohen, taxista londinense
BBC World 14/03/2000

Es verdad que las rutinas nos pueden cambiar. En cierta manera, somos lo que hacemos. Alba Noë cree que nuestros cerebros funcionan sólo gracias a todos los estímulos que nos rodean. Las elaboraciones de la mente no pueden hacerse en el vacío (Noë, 2010). Sabemos que la evolución trabaja en un marco de años que escapa a cambios perceptibles en organismos como los nuestros. No obstante, la experiencia, el aprendizaje o la práctica intensiva habitual, parecen llevar a cambios en la manera de percibir, e incluso provocar cambios fisiológicos, en cierta manera como un atleta cambia su metabolismo y su cuerpo con el entrenamiento intensivo. Veamos algunos casos concretos, próximos a las inquietudes de esta investigación. La práctica o la especialización en una tarea, ¿podría llegar a provocar cambios estructurales macroscópicos en el cerebro? ¿los mecanismos de percepción se ven alterados?

En el año 2000, la BBC lanzó un titular en su edición internacional: *Taxi drivers’ brains “grow” on the job*. Allí, se decía también: *“The research confirms something which London’s black-cab drivers have suspected for some time –learning their way around the capital is a brain-straining feat”* (BBC, 2000, § 5). La responsable de estas investigaciones es una neurocientífica irlandesa, Eleanor Maguire, del departamento de neuroimagen del *Institute of Neurology* del *University College* en Londres. A lo largo de 1998 y 1999, Maguire y sus colaboradores consiguieron la participación de 16 taxistas londinenses. Para obtener la licencia de taxista en Londres, los candidatos pueden ser examinados sobre más de 400 posibles recorridos, que deben memorizar. En su argot lo llaman obtener “The Knowledge”, 25.000 calles, y un detallado conocimiento de los nombres en 6 millas alrededor de Charing Cross. Suelen ser de dos a tres años de

entrenamiento, y casi tres cuartas partes abandonan el camino para la preciada licencia (BBC, 2000). Maguire llevaba años investigando sobre la memoria de los mamíferos y los efectos de las lesiones humanas del hipocampo y zonas temporales en la memoria y la orientación espacial, y estas inquietudes ya fueron el objeto de su tesis doctoral (Maguire, 1994).

Eleanor Maguire y su equipo realizaron mediciones del tamaño y morfología del hipocampo (que ya comentamos en la sección 7.2, que se ha asociado entre otras correlaciones a la navegación por el entorno) de los taxistas, a través de resonancias magnéticas estructurales (MRI), y las compararon con sujetos de control que no conducían taxis. La zona posterior del hipocampo de los taxistas se reveló de mayor tamaño que en los sujetos no conductores profesionales. Sin embargo, la zona anterior del hipocampo, apareció mayor en estos sujetos (Maguire et al., 2000). Numerosas investigaciones previas habían relacionado el hipocampo dorsal posterior en muridos y monos con la navegación espacial (por ejemplo, en el recorrido de laberintos con ratas, Moser, Moser, Forrest, Andersen & Morris, 1995). Si el hipocampo guarda una representación del entorno, podría expandirse localmente para acomodar las elaboraciones de ese mapa por parte esas personas, los taxistas, que necesitan de esas habilidades en las exigencias de su vida profesional. Maguire se enfrentó entonces al problema del huevo y la gallina. ¿Podía ser que un preexistente mayor desarrollo de la sustancia gris del hipocampo posterior hubiese predispuesto a esas personas a actividades que requieren habilidades de orientación, como llevar un taxi? La pregunta era muy interesante. Para responder a ello, examinaron la correlación entre el volumen del hipocampo y los años de ejercicio profesional de los taxistas (Maguire et al, 2000). En los taxistas, el volumen hipocampal se correspondía con el tiempo de ejercicio profesional, positivamente en el hipocampo posterior y negativamente en el anterior. Luego los datos sugerían que el cambio era adquirido, en función de una demanda del entorno. Las implicaciones eran apasionantes, pues tenía obvias implicaciones en la rehabilitación de personas enfermas o con daño cerebral y se planteaba si otras regiones del cerebro podrían comportarse de manera semejante. En la psicología y otras disciplinas también se hace recurrentemente esta pregunta, con diversos matices en los que ahora no vamos a entrar, por ejemplo, jugar al ajedrez ¿desarrolla la inteligencia o sólo desarrolla la inteligencia para jugar al ajedrez? Hoy parece establecido que la práctica de habilidades provoca cambios neurofisiológicos y neuropsicológicos en el cerebro. Hay cientos de experimentos que buscan diferencias entre legos y expertos en el desempeño de habilidades, pero hay que ser muy cautos en la interpretación de los resultados mediante neuroimagen, y no asumir que entrenar el cerebro (*brain training*) es como entrenar un

músculo. Además, hay zonas como el cerebelo y la médula espinal muy importantes en el desarrollo de habilidades (Hill & Schneider, 2006).

Maguire y su equipo, con posteriores experimentos con más taxistas (18 profesionales), y esta vez incorporando conductores de autobús (17 profesionales), buscaron resolver otra duda (Maguire, Woollett, & Spiers, 2006). ¿Podía ser que estos cambios en el hipocampo no fuesen debidos al uso y la adaptación de representaciones espaciales, y que tuviesen que ver con otras actividades personales, la experiencia como conductores o el estrés? La comparación con los conductores de autobuses parecía pertinente para responder a ello. Coinciden con los taxistas en la experiencia de conducción y el estrés, pero sin embargo sus rutas son más fijas y reducidas con respecto a los itinerarios que puede tener que hacer un taxi. Efectivamente, los investigadores encontraron que el aumento del volumen de la materia gris del hipocampo posterior de los taxistas y la disminución ya observada en la parte anterior, era mayor que la de los conductores de autobús. Parecía que era el conocimiento intensivo espacial del entorno, y no el estrés o el acto de conducir un vehículo, lo que producía el patrón de cambios en el volumen del hipocampo en los taxistas (Maguire et al., 2006). Fueron más allá y compararon las funciones y habilidades visuales y espaciales de los dos grupos en busca de más diferencias o semejanzas. Sorprendentemente, encontraron que la habilidad para la adquisición de nueva información visual y espacial era peor en los taxistas respecto a los conductores de autobús. Maguire opina que complejas representaciones espaciales que facilitan una navegación experta y que se corresponden con un mayor volumen en el hipocampo posterior, tienen un coste en forma de una mayor dificultad para crear nuevas memorias espaciales y que ello se reflejaría en la disminución de volumen del hipocampo anterior de los taxistas (Maguire et al., 2006). Diez años después de la noticia de la BBC, *Scientific American* (Jabr, 2011, 8 de diciembre). Aún se hacía eco de las investigaciones, con novedades: *Cache Cab: Taxi Drivers' Brains Grow to Navigate London's Streets*, aclarando: “*Memorizing 25,000 city streets balloons the hippocampus, but cabbies may pay a hidden fare in cognitive skills*” (Jabr, 2011, § 1). Eleanor Maguire hoy continua investigando los sistemas del recuerdo y la memoria episódica en el hipocampo. Sus últimos trabajos analizan la imposibilidad de pensar en el futuro por parte de las personas con amnesia (Hassabis, Kumaran, Vann, & Maguire, 2007).

En áreas de estudio más próximas a la Comunicación y los productos audiovisuales, en concreto en la Neuroestética, son conocidas las investigaciones sobre diferencias neuroperceptivas entre músicos y legos. Los conocimientos musicales y el dominio de un

instrumento musical es un tema importante en la investigación de habilidades adquiridas. Se producen cambios en regiones cerebrales tanto auditivas como motoras. Numerosos resultados apoyan estas disquisiciones. Sólo a título de ejemplo, veamos algunas investigaciones.

En el caso de los músicos, comparando pianistas con personas legas en habilidades pianísticas, el equipo de Timo Krings en Alemania, encontró, con técnicas de fMRI, que demandando complejos movimientos de dedos, hubo notables diferencias entre ambos grupos (Krings et al., 2000). Los pianistas, llamativamente, presentaban menos activaciones corticales en el córtex premotor, motor y lóbulos parietales superiores. Concluyeron que debido a la práctica motora intensiva, los pianistas necesitaban menos neuronas para ejecutar los movimientos requeridos. También la diferente activación, podía mostrar el diferente esfuerzo demandado (Krings et al., 2000). Esto nos conecta con las predicciones de Jeff Hawkins en torno a la elaboración de modelos con la experiencia y los algoritmos inspirados por Mountcastle (ver sección *El mundo como simulación*) que adelantan una menor activación inicial de neuronas de capas inferiores una vez que se ha aprendido el patrón de un modelo –podrían ser los movimientos de los dedos en este caso– (Hawkins & Blakeslee, 2004).

Desde la Universidad de Tubinga, en Alemania, son también muy conocidos los experimentos de Martin Lotze, con violinistas profesionales y aficionados. Ejecutando un fragmento de Mozart, encontraron una actividad muy superior por parte de los profesionales en el córtex auditivo primario derecho, que atribuyeron a una superior conectividad del sistema audio-motor (Lotze, Scheler, Tan, Braun, & Birbaumer, 2003). Pero, coherente con el estudio que vimos anteriormente, sí apreciaron una mayor economía de recursos en las áreas motoras, atribuidas a una superior conectividad de la secuencia de movimientos en los dedos por parte de los profesionales (Lotze et al., 2003). Por otra parte, encontraron que los profesionales tenían patrones más intensos de atención localizada cuando “imaginaban” la ejecución de la pieza con respecto a los aficionados.

Estudios previos pioneros de Christo Pantev y su equipo, de la Universidad de Münster, también en Alemania, ya habían demostrado diferencias perceptivas (Pantev et al., 1998) entre músicos y legos. Considerando que los estímulos auditivos, en sus vías proyectadas al neocórtex, se acumulan en “mapas tonotópicos” de acuerdo a las frecuencias del sonido, se recordaba que estas representaciones de tonos no son fijas, sino que pueden reorganizarse, ya

sea por daños o por entrenamiento intensivo en la discriminación tonal. Investigaron las representaciones de estos mapas en músicos profesionales, mediante fMRI (Pantev et al., 1998). Encontraron diferencias muy marcadas en la activación cerebral para tonos reproducidos por el piano frente a tonos puros en pianistas profesionales frente a sujetos de control, que no sabían tocar ningún instrumento. En concreto, los componentes de las fuentes para tonos de piano en los profesionales, eran entre un 21% y un 28% más potentes, reproduciendo los tonos con igual volumen, con respecto a los legos. Por otro lado, aunque tiene sentido, queda por resolver las conocidas superiores activaciones y sincronizaciones corticales en los músicos profesionales atribuidas a su entrenamiento, aquí puede haber una diferencia entre legos, meros aficionados de otros estudios y profesionales. Se supone que el profesional “toca” la pieza también en su zona premotora con más intensidad, como si la estuviera ejecutando. Actividad que no se daría en quien desconoce cómo tocar un instrumento musical. Cabe decir que también contrastaron la edad de aprendizaje de los profesionales, correlacionándose positivamente con la discriminación tonal superior (Pantev et al., 1998). Puede inferirse una temprana reorganización neural en función de los años de aprendizaje y la edad de comienzo. A pesar de encontrar un superior desarrollo en el hemisferio temporal superior izquierdo de los pianistas profesionales, esto puede no ser debido al desarrollo superior de percepción tonal, sino otras habilidades asociadas, que no son fácilmente identificadas, pero pueden tener relación con la práctica o ejecución musical.

Muchos otros estudios reflejan esta diferencia entre músicos y legos (Brattico & Pearce, 2013, para un buen resumen; diferencias en la percepción de emociones a través de la música en profesionales y no profesionales: Park et al., 2014; cambios estructurales en el cerebro de músicos profesionales: Bengtsson et al., 2005). Y más en general, muchos trabajos neuroestéticos se han centrado en los efectos de una exposición o práctica repetida frente a estímulos artísticos (Preminger, 2012), Por ejemplo, Mara Kottlow desde la Universidad de Berna y Lutz Jäncke de la Universidad de Zurich y sus equipos, trabajan mediante EEG sobre la actividad de artistas y no artistas del dibujo y la pintura mientras dibujan líneas en perspectiva y bocetos de memoria (Kottlow, Praeg, Luethy, & Jancke, 2011). Han observado una desincronización de los ritmos elevados de alpha en artistas frente a no artistas. La disminución del poder del ritmo alpha es asociada a un incremento de funciones cognitivas y puede reflejar una superior actividad en el reconocimiento de formas y objetos. Esto se corresponde con superiores activaciones en la zona parietal de los no artistas ejecutando actividades creativas como dibujos. Estos estudios, modelizados con LORETA (Pascual-

Marqui et al., 2002), conviene tomarlos con prevención y contraste con otras técnicas. En el University College, en Londres, el danés Ulrich Kirk y su equipo, desde el laboratorio donde trabaja Semir Zeki, uno de los padres de la neuroestética (véase la sección *Neuroestética*), investigan también la percepción artística plástica, pero en este caso con arquitectos y no arquitectos observando edificios y caras (Kirk, Skov, Schram Christensen, & Nygaard, 2008). Intentan averiguar si las diferencias en la evaluación artística y la especialización profesional se reflejan en cambios de actividad cerebral. En sus estudios arquitectos y no arquitectos activaron de manera diferente el córtex orbitofrontal medio bilateral y el giro cingulado en el área media del cerebro aunque coincidiesen en las valoraciones estéticas. Además, los arquitectos mostraban un perfil de respuesta diferente en el núcleo accumbens (NAcc) con respecto a las zonas citadas, conectado con la recompensa y también destacaban por una actividad específica en el hipocampo y una mayor demanda en el precúneo, en el lóbulo parietal superior. El estudio mezcla en los estímulos el reconocimiento, el juicio estético y la recompensa en un desafío interesante, pero complicado. Al año siguiente, alejándonos por un momento de los expertos y legos, con Semir Zeki, Ulrich Kirk se planteó una pregunta más concreta, ¿cambiarán los juicios estéticos en función del contexto de presentación del estímulo artístico? (Kirk, Skov, Hulme, Christensen, & Zeki, 2009). Para dar respuesta, seleccionaron 200 obras de arte y la mitad, al azar, se presentaron como provenientes de museo de arte, el *Louisiana Museum of Modern Art*, en Dinamarca, y la otra mitad se etiquetaron como generadas por ordenador, en concreto mediante el *software* Photoshop. Estéticamente, como era de esperar en la naturaleza humana, se valoraron más los estímulos que aparentemente venían del contexto museístico. Pero a través de activaciones mediante fMRI, se encontraron dos sistemas que influían en la decisión. De nuevo aparecía el córtex orbitofrontal medio y el cingulado, mediando la preferencia estética, pero el contexto, independientemente de la puntuación estética otorgada, se correspondía con activaciones bilaterales del lóbulo temporal, en concreto, el córtex entorrinal, anteriores al juicio estético. Parece que las elecciones estéticas de los sujetos ya venían influidas por expectativas previas del valor de la obra según su origen.

Ya hablamos en la sección *Neuroestética* de otros apasionantes casos en el campo de la neuroestética. Esta disciplina, también se encuentra con los desafíos que sufren los comienzos de cualquier campo de estudio, con dificultades añadidas por su tema: cuantificar sensaciones, valorar en escalas apreciaciones de cara a un experimento, conocer la dinámica cerebral y asociarla a un producto mental específico, o, simplemente pensar si podemos decir desde ese

campo, algo significativo respecto a un concepto tan sutil como el arte (Nadal & Pearce, 2011). Como recuerda Camilo José Cela-Conde, la experiencia artística, el arte, es un fenómeno complejo y tiene muchas facetas para comprender apenas la apreciación estética. A pesar de las limitaciones que aparecen, ya sean conceptuales, como que sólo se explora la belleza o preferencias en las elecciones, o que sólo toca aspectos específicos, que descontextualiza o que reduce todo el arte a una cuestión neurobiológica, no cabe duda que, si evitamos prejuicios y miramos el rico panorama de investigaciones e ingeniosos diseños experimentales que ofrece este campo, no se pueden ignorar sus contribuciones (Cela-Conde, Agnati, Huston, Mora, & Nadal, 2011), cada día más apasionantes.

En el caso de la especialización profesional, vemos la riqueza temática de los practicantes, y se abarcan todo tipo de disciplinas. Un ejemplo que implica a las áreas motoras y el arte en movimiento, son las investigaciones sobre la danza de Beatriz Calvo-Merino, de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), posteriormente del *University College* de Londres y actualmente en el Departamento de Psicología de la *City University London*, en Inglaterra. La práctica de los movimientos de la danza es conocido que lleva a una expansión del córtex motor (Hill & Schneider, 2006). Calvo-Merino estudia las diferencias en torno a la percepción estética de la danza. Busca conocer disparidades perceptivas observando acciones que uno ha aprendido a reproducir frente a otras que no, para ver si esa percepción se ve influida por el conocimiento experto de lo observado o no. Para ello, utilizó a expertos y expertas en ballet clásico, en capoeira y a legos no bailarines. Proyectó videos con pasos de capoeira a todos mientras registraba su actividad cerebral mediante fMRI. Confirmó la importancia de los expertos que dominaban, motoramente y cotidianamente lo observado, frente a los que no (Calvo-Merino, Glaser, Grèzes, Passingham, & Haggard, 2005). Encontró grandes activaciones bilaterales en el córtex premotor, en el lóbulo parietal superior derecho y en el surco temporal superior cuando expertos bailarines vieron movimientos para los que habían sido entrenados comparado con la observación de movimientos no familiares o conocidos en la práctica. En una posterior investigación, significativamente llamada *Experts see it all: configural effects in action observation*, Calvo-Merino, junto a colegas, analiza a 24 bailarines expertos, mitad mujeres, mitad hombres, frente a no expertos, observando movimientos de danza femeninos mediante puntos de luz. Como esta técnica ofrece un reconocimiento de los movimientos muy fácil de extrapolar, como reflejan los estudios sobre movimiento biológico (Blake & Shiffrar, 2007), invirtió de arriba abajo y giró la proyección para dificultar su comprensión. La discriminación de los movimientos fue muy superior en el grupo de expertos frente a los legos

(Calvo-Merino, Ehrenberg, Leung & Haggard, 2010). Entre los bailarines expertos, la discriminación fue superior entre las bailarinas sin diferencias en los diversos movimientos, y, según Calvo-Merino et al. (2010), podría indicar un refuerzo preexistente por la familiaridad motora y la experiencia. Posteriormente, Beatriz Cavo-Merino ha sofisticado estas investigaciones, y con técnicas de estimulación magnética transcraneal (*transcranial magnetic stimulation* TMS), ha buscado interrumpir el flujo de juicio estético en las observaciones de imágenes de ballet. Mediante estimulaciones repetidas y supresiones diferenciales, Calvo-Merino propone un modelo de dos rutas y áreas para el proceso de la percepción visual del cuerpo. La zona extraestriada occipital (*extrastriate body area*, EBA) que guardaría una representación visual de partes del cuerpo, y otra zona/ruta en el córtex premotor ventral (vPMC), que guardaría representaciones completas de las posturas. Recordemos las vías ventrales y dorsales de David Milner y Melvyn Goodale (2006; véase la sección *Miradas, detectores, aperturas y cerebros*). La estimulación repetida con TMS en EBA redujo la sensibilidad estética para los estímulos que presentaban movimientos corporales, respecto a la estimulación en el córtex premotor, vPMC. Los estímulos no corporales, no presentaron cambios ni diferencias de estimación. La interrupción de EBA con la TMS reducía el procesamiento local del estímulo y la sensibilidad estética de los observadores y, al contrario, la interrupción de la vía ventral vPMC, incrementaba la sensibilidad artística (Calvo-Merino, Urgesi, Orgs, Aglioti & Haggard, 2010). Parece adivinarse una contribución complementaria local y global para los procesos estéticos que tienen que ver con rutinas motoras aprendidas, si bien los resultados, reconocen los investigadores, son aún parciales.

Además de los ejemplos citados, un arte más cuestionado en su clasificación, pero de indudable actualidad, es el tema del consumo y práctica intensiva de videojuegos de ordenador (véase sección *Más rápido, aún más rápido, más oscuro*). Aquí, la cantidad y calidad de los estudios es muy variada. En general, se considera probado que los practicantes intensivos de videojuegos frente a los que hacen otras actividades, presentan unos tiempos de reacción inferior, una coordinación mano/ojo superior y mayor destreza (un buen panorama en Preminger, 2012). Más interesantes son los cambios en los sistemas de atención dividida, la visualización espacial y la empatía para aprendizaje (Green & Bavelier, 2006). Los ejemplos son incontables sobre el interés de los diferentes procesos perceptivos y cognitivos entre profesionales y legos.

Cobra mucho interés, pues, en esta investigación, averiguar si en el mundo de los productos audiovisuales también los profesionales que trabajan intensivamente en edición y procesamiento de imágenes, presentan alguna diferencia con los meros espectadores consumidores de esas imágenes. También es pertinente saber si estos procesos presentan alguna diferencia en función de la elaboración –tipo de montaje–, y si hay diferencias entre esta percepción audiovisual en pantallas y la percepción de lo mismo en la realidad.

4. Materiales y Métodos

La investigación experimental que se presenta, se puede definir como un estudio cuantitativo y empírico en el contexto de una investigación básica. La finalidad es conocer, comprender y explicar las diferencias perceptivas entre el visionado de la realidad y la pantalla, las existentes en función del montaje audiovisual y en base a la profesionalidad o no de los consumidores audiovisuales. Según su alcance temporal, podemos enmarcarla en un marco longitudinal de tendencia. Según su profundidad, es descriptiva, y ha contado con fuentes primarias.

Partiendo de la electricidad cerebral de los seres humanos, como reflejo de la actividad cortical ante estímulos externos, se plantea un experimento con Electroencefalografía (EEG) que registre y cuantifique sus variaciones, mientras un grupo de sujetos se enfrenta a diversos estímulos visuales en movimiento. Tres de los estímulos están realizados en soporte audiovisual, mientras el cuarto es una representación teatral. A continuación presentamos el criterio en la selección de los sujetos; el diseño experimental desarrollado ad hoc para este estudio, incluyendo el diseño de los estímulos, la presentación de los mismos y la conformidad del Comité de Ética alcanzada; las técnicas y métodos de recolección de datos; el procesamiento de los mismos; y la metodología de análisis de datos.

4.1. Elección de sujetos

Esta investigación se desarrolló inicialmente con 51 sujetos, 26 de ellos profesionales del audiovisual y 25 no profesionales.

La manera de determinar si los sujetos eran profesionales o no fue teniendo en cuenta si en su trabajo los sujetos se enfrentaban a la edición y el montaje de imágenes de manera habitual. Tanto si lo ejecutaban de manera directa, como por ejemplo los realizadores o montadores de video, como si formaba parte del correcto desempeño de su trabajo, como por ejemplo los comentaristas de retransmisiones deportivas y los documentalistas. El grupo de los no profesionales lo conforman profesionales de distintas áreas, pese a que muchos de ellos trabajan diariamente con pantallas, como por ejemplo los informáticos o los administrativos, estos no se enfrentan a la edición y montaje de imágenes en su trabajo.

Para el análisis de la **frecuencia de parpadeo** se ha trabajado con un total de 40 sujetos, 20 profesionales del audiovisual y 20 no profesionales (tabla 3).

El grupo de los sujetos no profesionales está formado por 15 hombres y 5 mujeres, la media de edad es de 43.25 años (desviación estándar: 8.59) y la media de años en sus profesiones es de 19.4 años (desviación estándar: 10.21). Las profesiones que tenían los sujetos de este grupo son: periodistas (5), informáticos (3), personal de administración y gestión (5), ingenieros en telecomunicaciones (2), técnicos electrónicos (2), estilistas (1), especialistas en prevención en riesgos laborales (1) y productores (1).

El grupo de los sujetos profesionales está formado por 16 hombres y 4 mujeres, con una media de edad de 44.15 años (desviación estándar: 7.15) y una media de años en la profesión de 20.2 (desviación estándar: 8.63). Las profesiones de este grupo son: realizadores

(9), ayudantes de realización (2), operadores de cámara (1), personal de control de imagen (1), documentalistas (2), diseño gráfico y postproducción (3), comentaristas de retransmisiones deportivas (1) y montadores de video (1).

De los 51 registros inicialmente obtenidos, fueron excluidos 10 sujetos por diferentes motivos: 8 sujetos por obtener un registro de EEG de calidad insuficiente en los electrodos de análisis de parpadeo (Fp1, Fp2 y electrooculograma); 1 sujetos por tener una frecuencia de parpadeo excesiva; y 1 sujeto porque se durmió durante el registro de datos.

Sujetos	Edad (años)	Años en la profesión	Hombres/Mujeres
No profesionales del audiovisual	43.25	19.4	15h/5m
Profesiones			
<ul style="list-style-type: none"> • Periodistas • Informáticos • Administración y gestión • Ingenieros en telecomunicaciones • Técnicos electrónicos • Estilistas • Especialistas en prevención de riesgos laborales • Productores 			
Profesionales del audiovisual	44.15	20.2	16h/4m
Profesiones			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizadores • Ayudantes de realización • Operadores de cámara • Control de imagen • Documentalistas • Diseño gráfico y postproducción • Comentaristas de retransmisiones deportivas • Montadores de video 			

Tabla 3. Sujetos con los que hemos trabajado para el análisis de la frecuencia de parpadeo. En total han participado 40 sujetos, 20 de ellos profesionales del audiovisual y otros 20 no profesionales del audiovisual. Se enumeran las profesiones presentes en cada uno de los grupos. Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del **ritmo mu** y del **córtex visual**, se disminuye el número de sujetos con el que se trabaja atendiendo a la calidad del registro del EEG en electrodos de interés para

la investigación. Se trabaja con un total de 20 sujetos: 10 profesionales del audiovisual y 10 no profesionales (tabla 4).

El grupo de los sujetos no profesionales está formado por 10 hombres, con una media de edad de 42.9 años (desviación estándar: 8.89) y con una media de 16.8 años (desviación estándar: 10.8) de experiencia en su área laboral. Este grupo está formado por: periodistas (1), informáticos (3), personal de administración y gestión (2), ingenieros en telecomunicaciones (1), técnicos electrónico (1), especialistas en prevención de riesgos laborales (1) y productores (1).

El grupo de los sujetos profesionales está formado por 9 hombres y 1 mujer, con una edad media de 42.3 años (desviación estándar: 7.33) y con una media de experiencia laboral de 20.3 años (desviación estándar: 8.02). Este grupo está formado por: realizadores (6), documentalistas (2), comentaristas de retransmisiones deportivas (1) y montadores de video (1).

Sujetos	Edad (años)	Años en la profesión	Hombres/Mujeres
No profesionales del audiovisual	42.9	16.8	10h/0m
Profesiones			
<ul style="list-style-type: none"> • Periodistas • Informáticos • Administración y gestión • Ingenieros en telecomunicaciones • Técnicos electrónicos • Especialistas en prevención de riesgos laborales • Productores 			
Profesionales del audiovisual	42.3	20.3	9h/1m
Profesiones			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizadores • Documentalistas • Comentaristas de retransmisiones deportivas • Montadores de video 			

Tabla 4. Sujetos con los que hemos trabajado para el análisis del ritmo mu y del córtex visual. Se analizan un total de 10 sujetos profesionales del audiovisual y 10 no profesionales. Aquí, las profesiones de cada uno de los grupos. Fuente: elaboración propia.

4.2. Diseño experimental

*“The **more-is-less principle**. The more conditions, time points, and electrodes are in your data, the less true statistical power you will have”*

Steven J. Luck, 2014

*“The **I wish I... principle**. Ojalá hubiera tenido el libro de Steven antes del primer EEG”*

Miguel Ángel Martín-Pascual, 2015

En este apartado definimos el diseño de los estímulos con los que hemos trabajado en la investigación, la presentación de los mismos a través de la creación de un laboratorio de experimentación, EEGLAB, en el Instituto de Radio Televisión Española (Instituto RTVE) en Sant Cugat del Vallès. También se presenta la conformidad del comité ético que avala esta investigación y el protocolo de selección de los sujetos de estudio. Finalmente, se presentan las técnicas y métodos de recolección y análisis de los datos llevados a cabo.

4.2.1. Diseño de estímulos

Se diseñaron cuatro estímulos con la misma narración audiovisual, con una duración de 197,28 segundos, es decir, 3:17 minutos, en las versiones audiovisual y una duración variable pero aproximada a esta cifra, en la representación teatral. La presentación de los mismos iba precedida de 30 segundos iniciales en negro posteriores al calibrado de la señal de registro y que se usan para asentar el mismo. A continuación se presentan las acciones que se llevan a cabo en los estímulos. Los tiempos de la tabla 5 son aproximados porque varían ligeramente en cada uno de los estímulos, debido a las diferencias derivadas del montaje.

TIEMPO (s)	ACCIÓN
De 0" a 30"	Pantalla en negro.
De 30" a 50"	El actor entra por la izquierda de la pantalla, sale por la derecha, entra por la derecha, sale por la izquierda. Vuelve a entrar por la izquierda, se aproxima a la mesa y se sienta.
De 50" a 1'03"	El actor agarra las bolas de malabares y hace malabares.
De 1'03" a 1'13"	El actor se levanta, sale por la izquierda de la pantalla, vuelve a entrar con un maletín negro, se sienta en la silla.
De 1'13" a 2'26"	El actor saca un ordenador del maletín negro, lo abre, lo enciende y comienza a escribir y a consultar información de distintos libros que están sobre la mesa. El actor ojea los libros y los va pasando de la derecha de la pantalla a la izquierda (de un lado a otro de la mesa). A continuación el actor vuelve a escribir en el ordenador.
De 2'26" a 2'30"	El actor cierra el ordenador, mira a cámara y sonrío.
De 2'30" a 2'37"	El actor se mete la mano en el bolsillo, saca una linterna, la enciende, la dirige hacia la cámara y se la guarda de nuevo en el bolsillo.
De 2'37" a 3'32"	El actor coge la manzana que hay sobre la mesa, la frota sobre su hombro derecho y se la come. Se mete la mano en el bolsillo buscando una servilleta para limpiarse, no la encuentra, mira fuera de plano y se limpia con la mano, deja la manzana a medio comer sobre la mesa, termina de masticar y traga.
De 3'32" a 3'41"	El actor mira a cámara y muestra varias expresiones: primero sonrío, después pone cara de asco/miedo, y finalmente se pasa la mano por la cara y vuelve a sonrío.
De 3'41 a 3'47"	El actor se levanta y sale de cuadro.

Tabla 5. Acciones presentadas en los estímulos. Como se explicará a continuación los 4 estímulos presentados en esta investigación tienen un montaje audiovisual distinto o, en su caso, se presentan como una acción real. Independientemente de la forma, el contenido de todos los estímulos siempre es el mismo. Fuente: elaboración propia.

El primer estímulo consta de la mencionada narración registrada en plano secuencia. El segundo estímulo consta de la narración descrita montado según una edición clásica, combinando planos generales, planos medios, primeros planos y planos detalle (Modo de Representación Institucional o *Hollywood style*). Este estímulo consta de 33 planos, con una duración media (ASL) de 5,9 segundos por plano. El tercer estímulo, con la misma acción que los anteriores, presenta un montaje menos estable, Post-clásico o *MTV style*, e inspirado en la realización de videoclips. Cuenta con 79 planos, con una duración media (ASL) de 2,4 segundos por plano. El último estímulo, por su parte, es la representación real de la misma narración en directo. Asimismo, se encuentran numerosos planos picados y contrapicados, poco frecuentes en el montaje clásico. El montaje según *MTV style* es más incómodo de visionar por la variedad de planos y los distintos puntos de vista llevados a cabo en el mismo. En el estímulo de acción real, el personaje que interpreta las mismas acciones que acontecen en el resto de los estímulos, realiza en directo una representación teatral de la misma narración.

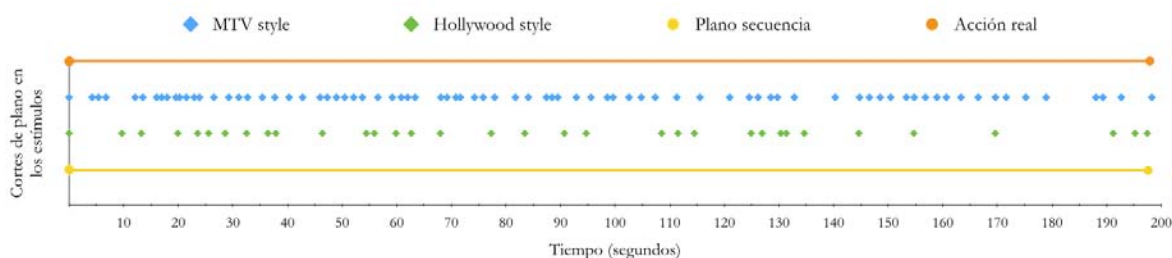


Figura 26. Distribución de los cortes de plano en cada uno de los estímulos utilizados. El plano secuencia y la acción real carecen de cortes. El estímulo editado según el *Hollywood style* está formado por 33 planos. El estímulo según el *MTV style* tiene un total de 79 planos. Fuente: elaboración propia.

ESTÍMULOS	DURACIÓN (minutos)	ESTILO DE LA REALIZACIÓN	NÚMERO DE PLANOS	TIPO DE PLANOS
Estímulo 1	3:17	Plano secuencia	1	PG. Plano fijo, sin movimiento
Estímulo 2	3:17	Montaje clásico IMR	33	PG, PM, PP. Planos fijos, sin movimiento
Estímulo 3	3:17	Montaje videoclip PCE	79	PD, PG, PM, PP, PPP, Picados y Contrapicados. Planos con movimientos frecuentes
Estímulo 4	Variable, en torno a 3:17.	Acción real (sin realización)	-	-

Tabla 6. Resumen de los cuatro estímulos utilizados en esta investigación. Fuente: elaboración propia. En el Anexo 1 se pueden consultar a modo de *storyboard* todos los planos acontecidos en cada uno de los estímulos.



Figura 27. Ejemplo de fotogramas del estímulo con un único plano secuencia. Fuente: elaboración propia.



Figura 28. Ejemplo de fotogramas del estímulo según Modo de Representación Institucional (MRI) o *Hollywood style*, con PG, PP, PM, PD. Fuente: elaboración propia.

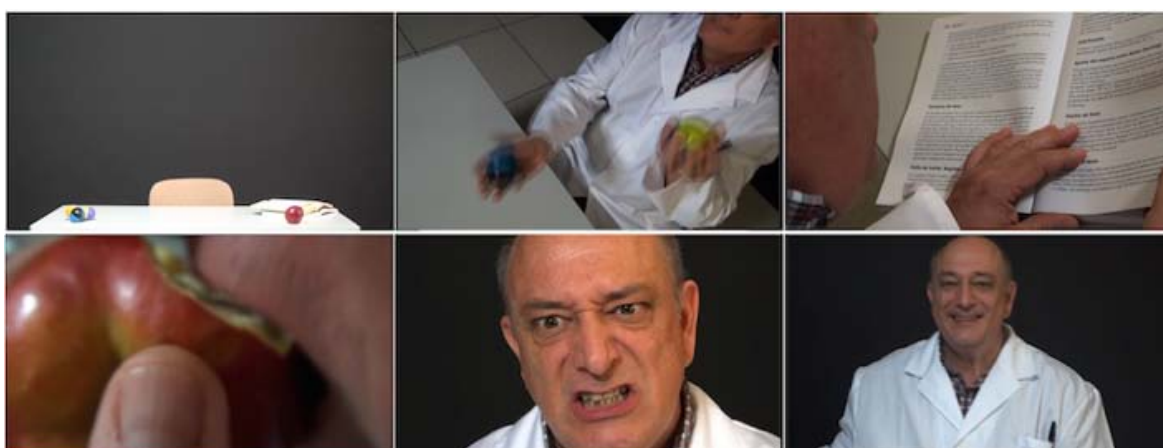


Figura 29. Ejemplo de fotogramas del estímulo con edición post-clásica, *MTV style*, con PG, PP, PM, PD, movimientos de cámara, planos desenfocados, saltos de eje, picados y contrapicados. Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Presentación de estímulos

Para la presentación de los estímulos se diseñó un espacio flexible para la emisión de estímulos visuales a través de una pantalla y a la representación de una acción real, siguiendo un estilo teatral. Para ello, se planificó y creó en una sala polivalente (aula 13) del Instituto de Radio Televisión Española en Sant Cugat del Vallès el EEGLab. Este laboratorio de EEG es diseñado durante los meses de febrero y marzo de 2013, construido durante los meses de abril y mayo del mismo año y permanece montado entre los meses de mayo y septiembre de 2013.

Para el diseño del espacio se trabajó con la herramienta SketchUp, creado por Google Inc., y propiedad de Trimble, en su versión 7 (7.0.70938) para Mac. El diseño de construcción se realizó mediante el software AutoCAD (*Anexo 2*) para poner cotas y medidas antes de pasar a construcción.

El diseño contaba con dos estructuras negras (fig. 30). La estructura situada en la parte posterior tenía la finalidad de ser el fondo negro de la representación de la acción. La estructura situada en la parte delantera, más próxima a los sujetos, contaba con un hueco con las medidas de la pantalla de la televisión y tenía una doble función, por un lado, ser el marco para la pantalla de televisión que mostraba los estímulos con video, y por otro lado, ser el marco, casi teatral, a modo de ventana, para visionar la representación del estímulo de acción real. A su vez, cada una de las dos estructuras está formada por 3 lamas. Cada una de ellas mide 2 m de alto y 4 m de largo (ver detalles en *Anexo 2*).

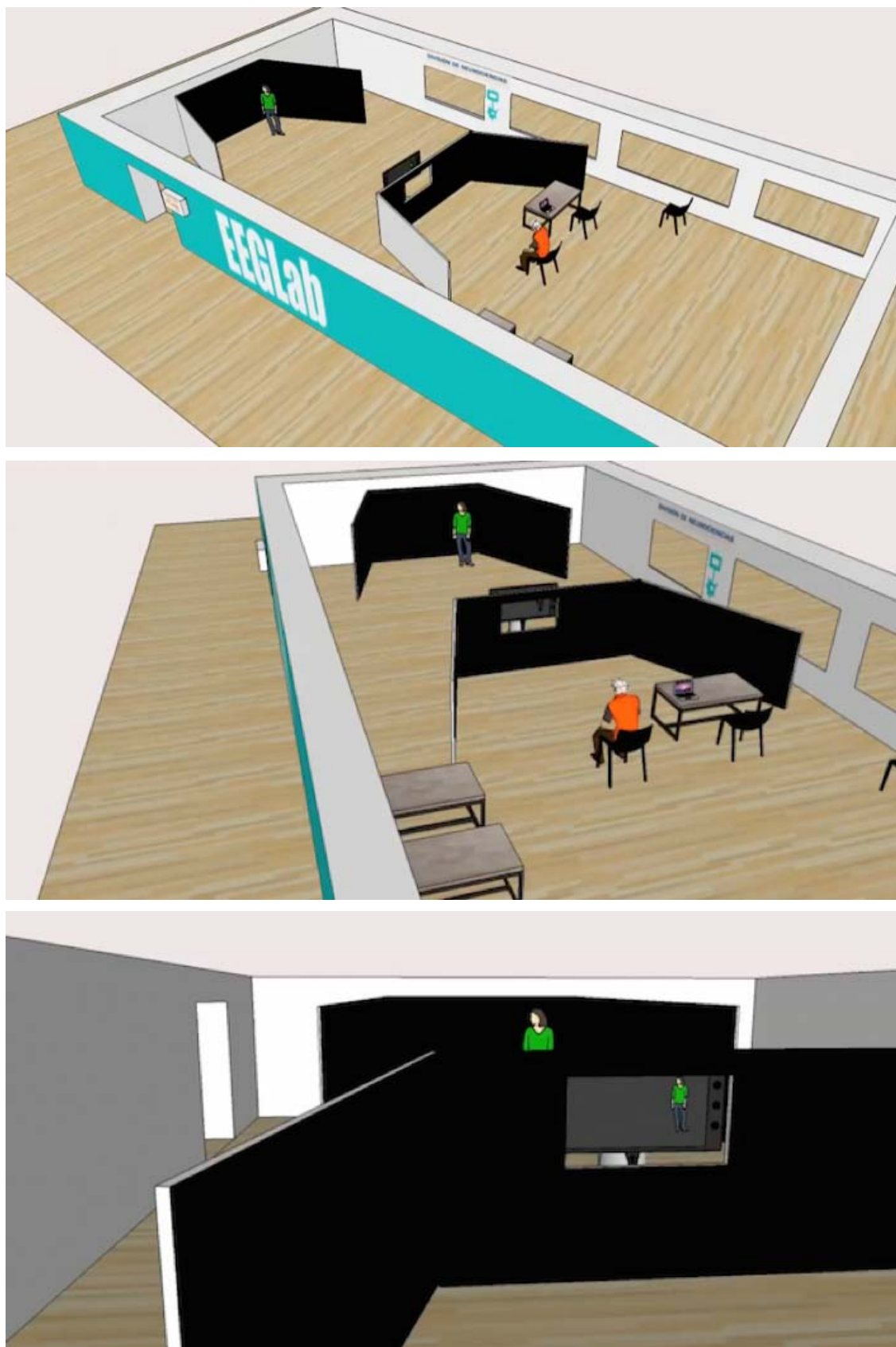


Figura 30. Diseño con SketchUp del laboratorio EEGLab, para la presentación de estímulos. Vistas de cómo los estímulos eran presentados en la pantalla de televisión y representados en acción real a los sujetos. Cada vez que se requería la representación del estímulo con acción real se apartaba la pantalla de televisión y a través del espacio libre, el sujeto podía apreciar el estímulo. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de minimizar el conocido efecto de adaptación al estímulo, los estímulos se presentaron de manera aleatoria a cada uno de los sujetos. Para ello, se diseñó un dado con forma de tetraedro. En cada una de las cuatro caras del mismo, escribimos un número entre el 1 y el 4 y codificamos cada estímulo con cada uno de los números: el estímulo de plano secuencia sería el 1; el estímulo con montaje *Hollywood style*, sería el 2; el montaje *MTV style* sería el estímulo 3; y la acción real quedaría codificada según el estímulo 4. Así, cada número correspondía con cada uno de los estímulos descritos. Ante la preparación de la presentación de los estímulos a cada sujeto, se lanzaba el dado, tantas veces como fuera necesario para evitar duplicidades, hasta completar una secuencia de cuatro números diferentes. Esta secuencia correspondería con la presentación de estímulos. Así por ejemplo, en una secuencia “1-2-3-4” se empezaba presentando el estímulo de plano secuencia, seguido del estímulo de montaje clásico, a continuación el estímulo con montaje videoclip y, finalmente, el estímulo con la acción real. Cada vez que se representaba la acción real, se apartaba la televisión y se dejaba libre el hueco a través del que el sujeto veía el estímulo. Esto, se hacía independientemente del orden en el que se diera el estímulo 4 de acción real.

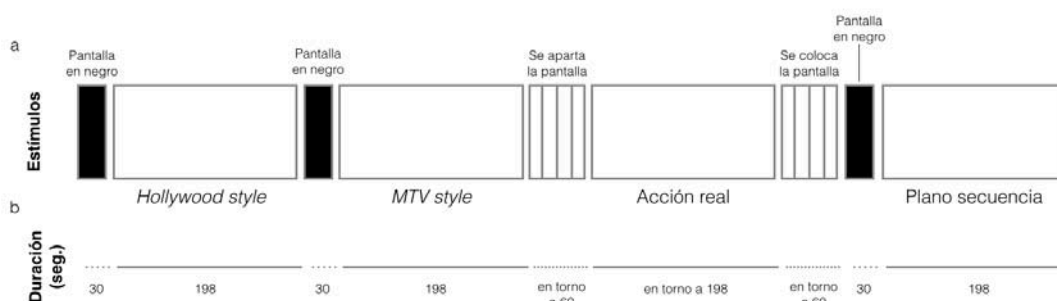


Figura 31. Ejemplo de distribución en el tiempo de la presentación de los estímulos. a: el orden presentado, en este caso, se corresponde con el código 2-3-4-1, que sería: 1°, *Hollywood style*; 2°, *MTV style*; 3°, acción real; 4°, plano secuencia. Teniendo en cuenta que los estímulos se presentaron de manera aleatoria a todos los sujetos, esto sólo es un ejemplo de distribución. En total se produjeron 21 de las 24 combinaciones posibles entre los 40 sujetos seleccionados para el análisis de la primera parte de esta investigación; y 12 de las 24 combinaciones posibles entre los 20 sujetos analizados para los análisis de las segunda y tercera partes, correspondientes a las señales electroencefalográficas. b: duración en segundos de cada uno de los estímulos. La parte del protocolo en el que se apartaba y se volvía a colocar la pantalla para la presentación del estímulo con acción real se realizaba en alrededor de 1 minuto, gracias al soporte con ruedas sobre el que se encontraba el televisor en el que se visualizaban los estímulos en video. La duración de la acción real variaba en cada representación, en la analítica del parpadeo se ha tenido en cuenta la frecuencia de parpadeo al minuto, de modo que los ligeros cambios de las duraciones en dicho estímulo no han afectado a su posterior análisis. En el análisis de los datos electroencefalográficos, este hecho no afecta, dada la selección de porciones temporales concretas llevada a cabo. Ver *Resultados*. Fuente: elaboración propia.

Para la presentación de los estímulos y su sincronización, se trabajó con el software Paradigm Stimulus Presentation (Perception Research Systems, 2007). Realizamos un experimento que presentaba los estímulos de video a través de un ordenador MacBook Pro, con partición BootCamp y por tanto con sistema operativo Windows en su versión 7 Professional. Este ordenador se encontraba conectado a una pantalla de televisión Panasonic de 50 pulgadas, que servía para visualizar los estímulos lanzados desde el ordenador, a través de un cable MiniDisplay-HDMI. Este ordenador, a su vez, estaba conectado a un segundo ordenador, modelo MacBook Air, con sistema Mac OS X Mountain Lion. Paradigm Stimulus Presentation se encargaba de presentar los estímulos en pantalla y enviar un *trigger*, o disparador de sincronización, al segundo ordenador cada vez que resultaba de interés para la investigación (cambio de plano, inicio o fin de experimento,...). De esta manera, los *triggers* se utilizaban para marcar instantes en el registro de EEG. El envío de estos *triggers* o eventos facilita la sincronización entre la presentación de los estímulos y el registro encefalográfico, para su posterior análisis. Este segundo ordenador tenía abierto el software de registro de EEG.

Los *triggers* o eventos se codificaron siguiendo un código numérico para su mejor comprensión posterior. Los correspondientes al estímulo de plano secuencia (codificado como estímulo 1) estarían en la centena de los 100. Los del estímulo *Hollywood style* (estímulo 2) estarían en la centena de los 200. El estímulo *MTV style* (estímulo 3) tenía la codificación de los *triggers* en la centena de los 300. La acción real (estímulo 4) se ha codificado en la investigación en la centena de los 400.

Cabe destacar que para el diseño de la presentación de estímulos en Paradigm y su envío de *triggers*, se contó con la colaboración de Bruno Tagliaferri, desarrollador del software, que trabajó activamente desde Kansas (Estados Unidos) y de manera desinteresada en la adecuación de Paradigm con el software de adquisición de datos de EEG, en exclusiva para esta investigación. De modo que la presentación de los estímulos se realizó a partir del programa Paradigm con una versión ad hoc, facilitada por su desarrollador. Fruto de este trabajo, pusimos en contacto a los propietarios de ambos softwares utilizados en esta investigación para llevar a cabo la presentación de estímulos y para registrar la señal de EEG (Perception Research Systems, desde Kansas propietarios de Paradigm Stimulus Presentation para la presentación de estímulos y Starlab de Barcelona, propietarios de Neuroelectricis

Instrument Controller, para el registro de EEG). Como consecuencia de ello se produjo un contrato laboral entre ambos, vigente en la actualidad.



Figura 32. Mapa de conexiones de EEGLab. El laboratorio contaba con 2 televisores: uno de ellos para proyectar los estímulos a los sujetos, el otro para visualizar el registro de electroencefalografía. Se trabajó con 3 ordenadores simultáneamente: un MacBook portátil, con partición Bootcamp y sistema operativo Windows 7, presentaba los estímulos a la pantalla correspondiente, también enviaba los *triggers* en cada cambio de plano; otro ordenador MacBook Air con sistema operativo Mac OS X Mountain Lion, se encargaba de hacer el registro de la señal electroencefalográfica y la recepción de los eventos o *triggers* enviados por cada estímulo de video, este ordenador se podía visualizar en otra pantalla para mayor comodidad de los investigadores; el tercer ordenador de mesa HP con Windows XP se encargaba de registrar a través de una webcam la acción real, para su posterior sincronización y análisis de este estímulo. El laboratorio contaba con 2 cámaras: la webcam que registraba la acción real; y una cámara Sony HD que registraba la cara de los sujetos, esta información resulta útil en el análisis para comprobar qué hace el sujeto en cada momento. Finalmente, el laboratorio contaba con el dispositivo ENOBIO de registro electroencefalográfico, compuesto tanto por el casco y electrodos correspondientes como por el aparato de registro y envío de señal explicado en la sección *Técnicas y métodos de recolección de datos*. Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Aprobación del Comité de Ética

Para la realización de este estudio, se solicita con fecha de 3 de abril de 2013, la aprobación para la experimentación con humanos a la Comisión de Ética en Experimentación Animal y Humana (CEEAH) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). La CEEAH está regulada conforme a la Declaración de Helsinki, el Council of International Organizations of Medical Sciences, el informe de prácticas éticas de Belmont, el Código Nuremberg, así como la legislación española de investigación biomédica. Con fecha de 26 de abril de 2013 se obtiene la aprobación de la Comisión de Ética CEEAH de la UAB.

Para cumplir con los protocolos autorizados, se presenta la siguiente documentación a los sujetos (Anexo 3):

Ficha de inscripción al proyecto, con datos personales como la edad o el sexo; visuales como el uso de lentes, la existencia de miopía o astigmatismo; y profesionales como el tipo de trabajo que desempeñan y los años de práctica.

Hoja de información para el posible participante que sigue la estructura recomendada por la CEEAH de la UAB, con información del objetivo general del proyecto, la metodología empleada, el tratamiento administrable (si procediera), los beneficios esperados para el sujeto y para la sociedad, las posibles incomodidades y riesgos derivados del estudio, posibles acontecimientos adversos, posibles tratamientos alternativos disponibles (si procediera), la voluntariedad de participación en el estudio, la privacidad de sus datos, la ausencia de compensación económica y los datos de los investigadores responsables de la investigación.

A los participantes, no se les concretó en ningún momento que se iba a cuantificar o estudiar la frecuencia de parpadeo de los sujetos o que concretamente los parpadeos fuesen a ser objeto de estudio.

El informe de consentimiento informado redactada conforme al Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos, publicado en el BOE número 33 del 7 de febrero de 2004.

4.3. Técnicas y métodos de recolección de datos

Para la adquisición de la señal electroencefalográfica, se trabaja con un sistema sensor electrofisiológico inalámbrico Enobio®, en su versión de 20 canales. Este dispositivo, desarrollado por la empresa de Barcelona, Neuroelectrics® (propiedad a su vez de la empresa Starlab) es un aparato de registro avanzado de señal EEG estándar. Se seleccionó este dispositivo por la versatilidad a la investigación que ofrecía su particularidad de ser inalámbrico. La conexión entre el aparato y el ordenador que gestionaba el software de registro se realiza mediante protocolo Bluetooth 2.1.

El dispositivo completo está formado por un gorro de neopreno, que se utiliza como casco de situación de electrodos, los cables con electrodos para el registro, los sensores, la caja de control del dispositivo (NECBOX) y una jeringa curvada para la colocación del gel conductor. El NECBOX trabaja con un ancho de banda de 0 a 125 Hz, una frecuencia de muestreo de 500 SPS, una resolución de 24 bits-0,05 microvoltios, un nivel de ruido de <1uV RMS, una impedancia de entrada de mínimo 1.000 Mohm, comunicación Bluetooth 2.1 y salida de información EDF+, archivos de datos ASCII, en formato propietario de Neuroelectrics, .easy y .info, o por TCP/IP para datos en bruto. El dispositivo cuenta con 3 ejes de acelerómetro, una tarjeta microSD para el almacenamiento fuera de línea (sin conexión) y una batería de 8 horas de EEG. En los experimentos presentes no se utilizaron los registros del acelerómetro. Las dimensiones son 60x85x20mm, un peso de 65 gramos y compatible con Windows 7, Windows Vista, Windows XP y MAC OS X.

Para esta investigación se trabajó a una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Para la correcta conducción de los datos se trabajó con un gel salino conductor marca Signa Gel, bacteriostático, soluble en agua, que no tiñe y no es arenoso, recomendado para EEG. Los electrodos usados son de plata-cloruro de plata (Ag/AgCl), también del fabricante Neuroelectrics®.



Figura 33. Registro electroencefalográfico durante esta investigación. En esta figura se aprecia la situación del dispositivo de registro de EEG en los sujetos y el casco colocado con electrodos. Asimismo, se puede ver la situación de la cámara Sony HD que registraba la cara de cada sujeto, y la pantalla a través de la que se presentaban los estímulos de video. Cuando se presentaba el estímulo de acción real, la pantalla que se aprecia en la imagen era apartada. Gracias a un soporte con ruedas, apreciable en esta imagen, el proceso de colocar y apartar la pantalla para la representación del estímulo de acción real resultaba ser muy cómodo y no interrumpía el correcto desarrollo del experimento. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la situación de los electrodos, se siguió el sistema internacional 10-20 (fig. 34). Este sistema coordina la situación de los electrodos en el cráneo de sujetos sometidos a un experimento de EEG. En este caso, se utilizaron los 20 electrodos situados en: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T7, T8, C3, Cz, C4, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2 y Exterior a modo de electrooculográfico. Como electrodo de referencia, sólo con fines de visualización y no de registro y análisis, se trabajó con Cz. Se trabajó también con electrodo en el mastoide.

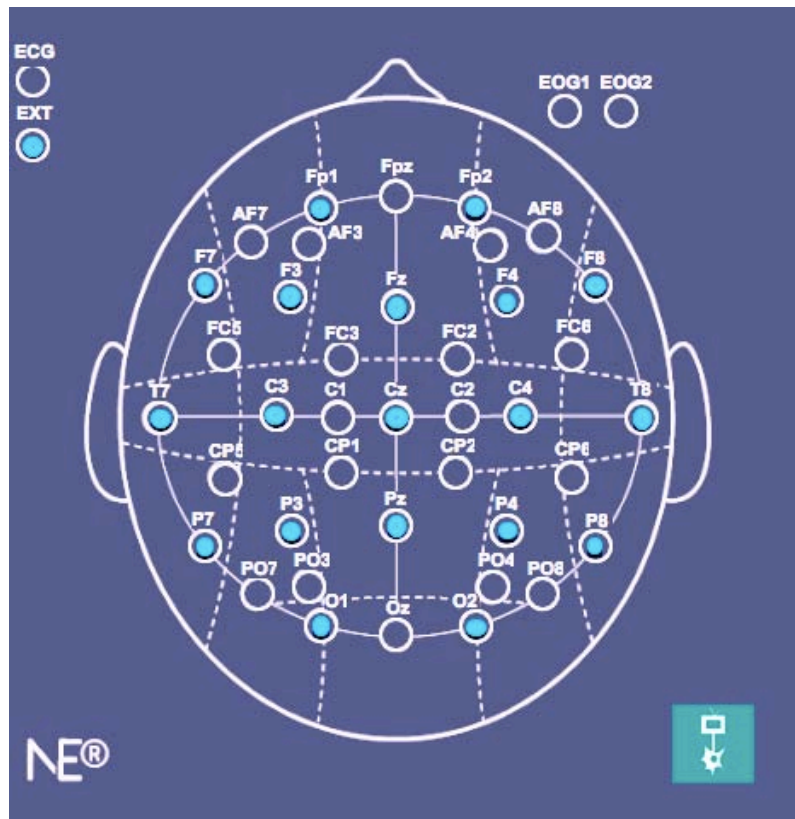


Figura 34. Situación de los 20 electrodos utilizados en esta investigación, situados según el sistema 10-20, propuesto por la Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica (American Clinical Neurophysiology Society, ACNS). Fuente: elaboración propia, Neuro-Com Research Group, a partir de ACNS con NIC®.

En el experimento diseñado, se precisa el registro de datos de EEG sincronizados con la presentación de los estímulos visuales que, como se ha explicado, se lleva a cabo a través del software Paradigm Stimulus Presentation (Perception Research Systems, 2007). Para la adquisición de datos de EEG se trabaja con el software Neuroelectrics Instrument Controller, NIC (Neuroelectrics, 2013) versión 1.2.1 para Mac OS X. A través de NIC se registra la señal de EEG y los *triggers* que envía el software de presentación de estímulos. Como consecuencia de este registro se obtienen 4 archivos:

- **Archivo .edf:** contiene el registro de la señal de EEG. Se trata de un archivo European Data Format (EDF) estándar, utilizado por la comunidad científica para el registro de datos electroencefalográficos. Cada archivo .edf obtenido en esta investigación contiene información de todos los canales de señal EEG registrados y un canal con las anotaciones o *triggers*. El archivo se puede abrir con cualquier lector de EDF estándar.

- **Archivo .nedf:** este archivo es propiedad del fabricante del software de registro de EEG utilizado, Neuroelectrics. Contiene la información en binario (a 24 bits). Su apertura y gestión, se limita, pues, a software de la propia empresa. Contiene el registro de la señal de EEG, sin ser un estándar de trabajo.
- **Archivo .info:** contiene los datos asociados a la sesión de EEG. Se trata de un archivo legible por cualquier lector de textos, con información de inicio de sesión, el Tiempo Unix, los hertzios a los que se ha trabajado, el número de canales registrados, la versión del software de registro, la correspondencia de cada canal de registro con la situación de los electrodos en la cabeza (ejemplo: Channel 1 corresponde a electrodo P7) y las anotaciones o *triggers manuales*, entre otra información de interés.
- **Archivo .easy:** contiene información numérica de todo el registro. Se trata de la información de la sesión en ASCII (American Standard Code for Information Interchange, Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información). El archivo se puede abrir con un lector de texto estándar. Este archivo resulta útil para buscar el Tiempo Unix en un *trigger* sincronizado determinado, así como para su trabajo en softwares de análisis de datos.

Paradigm Stimulus Presentation (Perception Research Systems, 2007) crea un archivo de Excel (.xlsx) con información sobre cómo se ha gestionado la presentación de los estímulos. Este documento contiene información acerca del tiempo (en milisegundos) de inicio del experimento, de finalización y de envío de todos los *triggers* o eventos.

Para una correcta sincronización del estímulo 4, el correspondiente a la acción real, se registran todas las presentaciones del mismo. El registro audiovisual de este estímulo se realiza a través de una webcam modelo Logitech C270, encargada de crear archivos .wmv de las acciones reales. Por otra parte, con el fin de poder contrastar el comportamiento de los sujetos durante el registro de los experimentos, se registran audiovisualmente sus caras. Este registro se realiza con una cámara de video compacta Sony Handycam HDR-GW55.

En total se obtienen 4 archivos con información relativa al EEG y la sincronización de estímulos presentados, 1 archivo de cada estímulo presentado en pantalla (3 en total), 1 archivo con el registro audiovisual del estímulo de acción real y 1 archivo con el registro

audiovisual de la cara del sujeto. Por tanto, con cada uno de los sujetos se adquieren 9 archivos con información del experimento. Para facilitar la posterior gestión de datos, se protocoliza el almacenamiento de los mismos. Al finalizar la adquisición de datos de cada uno de ellos, se procedía a la organización de todos los archivos y la creación de copias de seguridad en dos discos duros externos.

Una vez terminada la presentación de los estímulos, los sujetos tenían que responder una encuesta posterior acerca de los videos y la actuación teatral que acababan de ver. La encuesta (fig. 35) constaba de 9 preguntas, 8 de las cuales eran cerradas excluyentes y una abierta. En 4 de las cerradas, se solicitaba al sujeto ampliar los criterios de sus respuestas con el fin de aclarar las motivaciones de las mismas. En una de las preguntas cerradas, además se le solicitaba a los sujetos realizar una ordenación de estímulos con criterio de duración de los mismos, siendo, por tanto, excluyentes. La encuesta, a pesar de servir para conocer mejor a los sujetos analizados, ejerció de distractor y es secundaria a estos experimentos.

ENCUESTA

NOMBRE DE SUJETO	
CÓDIGO DE SUJETO	
FECHA DE REGISTRO	
ORDEN ESTÍMULOS	

1. ¿Pasaban las mismas acciones en todos los videos?
 Sí No ¿Qué?.....

2. ¿Te han parecido todos los videos de la misma duración?
 Sí No (Ordena de menor a mayor duración:.....)

3. ¿Algún video te ha producido incomodidad de algún tipo?
 Sí ¿Cuál?..... No

4. ¿Te ha parecido que la acción real era igual a la de los videos?
 Sí No ¿Qué diferencias has encontrado?.....

5. ¿La comprensión de algún video costaba más esfuerzo?
 Sí No Explicate.

6. ¿Sabes hacer malabares con 3 bolas como has visto en los videos?
 Sí No

7. ¿La luz de la linterna te ha resultado más incómoda en la imagen real o en los videos?
 Imagen Real Videos

8. Sólo en el caso en que te molestara más la luz en los videos: ordena por incomodidad
 Plano secuencia Montaje "medio" Montaje "rápido"

9. ¿Quieres hacer alguna observación?

Muchas gracias por tu colaboración.

Figura 35. Modelo de encuesta realizado al finalizar la presentación de los estímulos. Esta encuesta se planteaba como un distractor. Fuente: elaboración propia.

4.4. Procesamiento de datos

Una vez obtenidos los datos, se procede a la gestión de los mismos para obtener con rigor la sincronización de todos ellos, antes de su análisis. Inicialmente, se decide utilizar el Tiempo Unix como punto de sincronía entre todos los estímulos y archivos generados en la adquisición de datos.

El Tiempo Unix, también conocido como POSIX, es un tiempo universal diseñado a partir del punto 00:00:00 del tiempo universal coordinado (*Universal Coordinated Time*, UTC), aceptado en la comunidad científica por su exactitud. El Tiempo Unix aparece en los archivos de registro de EEG obtenidos. Así, teniendo en cuenta que se cuenta con un *trigger* o evento en los momentos de inicio de todos los estímulos, se puede obtener el Tiempo Unix del inicio de cada estímulo a partir de estos *triggers*. Los estímulos en video tienen, de esta manera, un Tiempo Unix obtenido a partir de los archivos de registro de EEG, fácilmente detectables. La sincronización del estímulo real conlleva un trabajo más complejo.

Con el estímulo de acción real al carecer de *trigger* de inicio, se procede a utilizar un triple método de sincronización, con el fin de ser más precisos y triangular el comienzo. Por un lado, al iniciar el estímulo real se toca un timbre que es registrado tanto por la cámara del sujeto como por la webcam que registra la acción del estímulo. Por otro lado, se solicita al sujeto que cierre los ojos y que los abra al escuchar este sonido. El cierre de ojos del sujeto es fácilmente detectable en la señal de EEG por modificarse claramente la misma (figs. 24, 25 y 36). Finalmente se usa también un momento de estimulación fótica, con una linterna de leds, durante la acción. Este encendido de linterna es útil para sincronizar la acción real, registrada con la webcam y la cámara de registro de la cara del sujeto. Siguiendo estos tres procesos, se obtienen los puntos de inicio y final del estímulo con acción real.

4.4.1. Parpadeos

Los parpadeos de los participantes fueron analizados siguiendo dos métodos distintos. Por un lado, se detectaron los parpadeos con Brainstorm (Tadel et al., 2011) corriendo sobre MATLAB (The MathWorks, Inc.). Por otro, con el fin de triangular estos datos, el inicio de los parpadeos de los sujetos fue también detectado manualmente, inspeccionando sus movimientos oculares frame a frame en los videos HD registrados.

Los parpadeos son entendidos como artefactos o errores en el ámbito de la electroencefalografía. Se trata de picos eléctricos que, generalmente, no interesan ser analizados, sino todo lo contrario, eliminados. Uno de los pasos más comunes en un proceso de adecuación para el análisis de un EEG consiste en detectar y eliminar los parpadeos y los movimientos oculares que en él acontezcan. Por ello, es fácil encontrar detectores de parpadeos en softwares de análisis de EEG.

Brainstorm (Tadel et al., 2011) tiene un detector de parpadeos que, con una base de 18 ejemplos de parpadeos y 12 ejemplos de sacadas, realiza un cálculo comparativo con el EEG (o en su caso, MEG), para determinar cuáles de los comportamientos eléctricos se corresponden con parpadeos o movimientos oculares, computando una descomposición del EEG con criterios de frecuencia, umbral de diferencia con desviación estándar de la señal de análisis y un tiempo mínimo (milisegundos) entre eventos. Este software trabaja con sus datos de parpadeos y variantes al respecto y aplica las diferentes combinaciones a los datos de análisis ofreciendo como resultado los parpadeos. Estos aparecen destacados con indicaciones o eventos situados en el milisegundo del EEG correspondiente al momento de máxima oclusión ocular. Siguiendo las recomendaciones de Tadel et al. (2015), estos resultados precisan de comprobación manual por parte del investigador para determinar la correcta correspondencia entre los resultados ofrecidos por el software y los parpadeos detectados visualmente en el electroencefalograma.

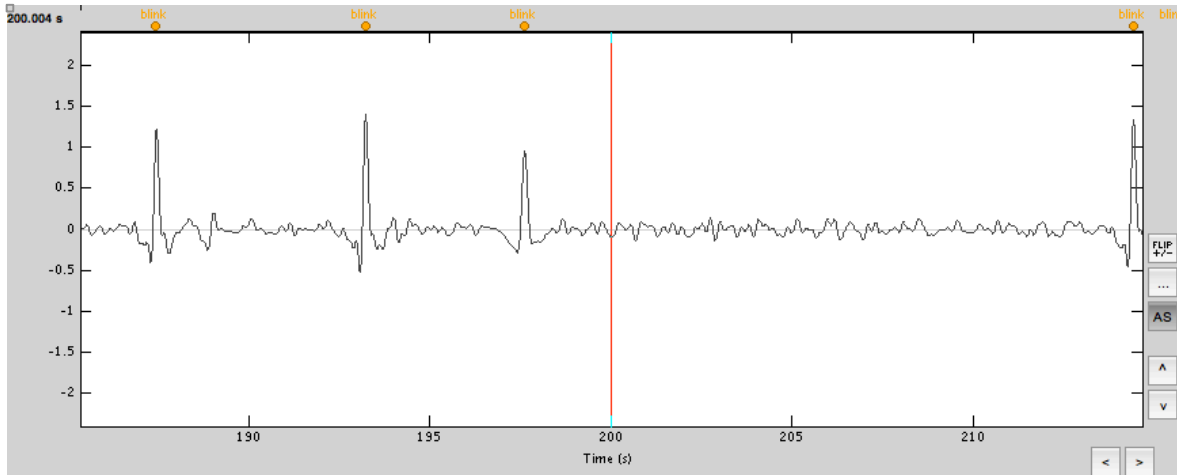


Figura 36. Registro de EEG con varios parpadeos. Señal de electrodo Fp1 de un sujeto, filtrada a 0.5 y 5 Hz. Brainstorm (Tadel et al., 2011) detecta los parpadeos y señala su situación al milisegundo. Para la detección de los mismos utiliza una base de datos de diferentes tipos de parpadeos y sacadas. Fuente: elaboración propia.

El procesamiento de los parpadeos con Brainstorm se realizó de la siguiente manera: en primer lugar, se seleccionaron los fragmentos del EEG correspondientes a la percepción de cada uno de los estímulos; a continuación se filtró a 0.5 y 3 Hz; en tercer lugar, se utilizó el detector de parpadeos propio de Brainstorm en el canal Fp1. Este resultado fue analizado para discriminar visualmente, con Fp1, Fp2 y el canal electrooculográfico (Exterior), los parpadeos de los movimientos oculares. Una vez realizada esta distinción se seleccionaron los parpadeos y sus situaciones en milisegundos en el EEG.

Para procesar los parpadeos a través del registro audiovisual del sujeto, se trabajó con los archivos generados por el mismo. La cámara HD que registraba a los sujetos producía un archivo .mov que era abierto con el programa QT Sync. Una vez abierto se incorporaron 4 etiquetas de tiempos en frames (25fps) correspondientes a cada uno de los estímulos, codificadas por colores: en rojo el estímulo 1, en verde el estímulo 2, en azul el estímulo 3 y en gris el estímulo 4. Cada etiqueta se colocaba al inicio de la presentación de cada estímulo a 0 (fig. 37). Esta codificación cromática tenía el objetivo de facilitar la búsqueda del comportamiento del sujeto en un punto concreto de la presentación de cualquiera de los estímulos, contabilizados en frames. Una vez se colocaban las etiquetas, se procedía a la exportación del video con las mismas a QuickTimeMovie con 25 fps, a un tamaño de 640x360 en formato H.264.

Una vez existía esta sincronización entre el registro de la cara del participante y el tiempo del estímulo que estaba visualizando, se contabilizaron manualmente los parpadeos.

Para ello, se determinó, siguiendo a Nakano & Kitazawa (2010), que cada vez que los ojos estaban más de la mitad tapados por sus párpados se juzgaba que era el inicio del parpadeo.

Una vez obtenidos los datos de parpadeos de uno y otro modo, se realizó una triangulación entre ambos. Los resultados obtenidos en la contabilización con Brainstorm (Tadel et al., 2011) y en la manual fueron coincidentes. Si, excepcionalmente, se detectaba alguna diferencia entre ambos, se procedía a contrastar y juzgar con ambos procesos si estábamos ante un parpadeo o no. En caso de ser necesario, se modificaba en el archivo de EEG el evento correspondiente al parpadeo manualmente (se añadía o eliminaba). Para los cálculos estadísticos posteriores se trabajó con los archivos ofrecidos por Brainstorm.



Figura 37. Imagen del registro de un sujeto. Para la gestión de las imágenes, se llevaron a cabo distintos códigos. En la parte superior izquierda, aparece en primer lugar el Tiempo Unix del registro en HH:MM:SS:FRAMES. A continuación, en rojo, aparece el contador en frames del estímulo 1; en verde se aprecia el contador del estímulo 2; en azul el contador del estímulo 3; y, finalmente, en gris, el contador del estímulo 4. En esta imagen, al encontrarse la etiqueta verde en 0000, significa que está comenzando el estímulo 2. En la parte inferior aparece el número de sujeto (01), el orden de presentación de los estímulos (1-2-3-4), y el copyright de Neuro-Com Research Group, grupo de investigación en el que se ha desarrollado este estudio y el año de su ejecución, 2013. Fuente: elaboración propia, uso con consentimiento del sujeto.

El análisis estadístico de los datos correspondientes a los parpadeos fue realizado con Sigmaplot versión 11.0, de Systat Software, Inc. Los distintos análisis estadísticos realizados al respecto están especificados en cada uno de los estudios planteados en el apartado de *Análisis de datos y resultados* de esta investigación. Cabe destacar que, teniendo en cuenta la variedad de grupos de trabajo, distinguidos en base a las diferentes variables, se trabajó tanto con

estadística paramétrica como no paramétrica. Igualmente, según era requerido en cada ocasión, se realizaron análisis entre grupos de distintos sujetos y entre condiciones para un grupo de sujetos con distintas recogidas de datos.

4.4.2. EEG

Los registros de EEG en RAW contienen gran cantidad de artefactos y suciedad que disminuye la calidad de un buen análisis. Por ello, para poder llevar a cabo un estudio pormenorizado de la señal eléctrica es necesario realizar una limpieza cuidadosa de la señal. En esta investigación, comenzamos eliminando los fragmentos del EEG que carecían de interés para su análisis, como las partes registradas entre estímulos, también se procedió a eliminar fragmentos que mostraban señal errónea y se eliminaron los canales que mostraban algún tipo de problema en el registro. Una vez se limpió el EEG de cada sujeto, se procedió a su filtrado.

Para el procesamiento de estos registros se aplicó un filtro de banda baja de 1 Hz y un filtro de banda alta de 40 Hz. Pese a que las señales de interés para esta investigación, se encuentran situadas en torno a las frecuencias bajas, se entendió que era también de provecho mirar las posibles diferencias que podrían acontecer en frecuencias más altas y más bajas a las inicialmente seleccionadas, con el objetivo de apreciar diferencias significativas en la perturbación del espectro.

Se realizó un análisis de componentes o ICA haciendo uso del algoritmo *Infomax runica*, disponible en EEGLAB (Delorme & Makeing, 2004). El uso de *runica* para el análisis de los componentes ofrece una descomposición estable, que selecciona componentes con una distribución de la actividad supergaussiana, que puede ser ampliado para detectar fuentes subgaussianas de la actividad. En esta investigación ampliamos en la descomposición de los componentes a estas fuentes subgaussianas con el fin de detectar posible actividad lenta. Se utilizó un mismo ICA en cada sujeto, independientemente del estímulo analizado.

Con el objetivo de localizar los dipolos de los componentes, se trabajó con DIPFIT2 (F.C. Donders Centre, Netherlands), plugin de MATLAB (The MathWorks, Inc.) que corre sobre EEGLAB (Delorme & Makeing, 2004), basado en rutinas de MATLAB de Robert Oostenveld. DIPFIT permite la modelización y situación de dipolos de componentes

independientes que puede trabajar tanto con modelos de cabeza esférico y de límites. En esta investigación se hizo uso del modelo esférico BESA (MEGIS Software GmbH, Munich).

Se trabajó con el plugin de EEGLAB (Delorme & Makeing, 2004), ADJUST (Mognon et al., 2011) para detectar y eliminar los artefactos. ADJUST (*Automatic EEG artifact Detector based on the Joint Use of Spatial and Temporal features*) es un algoritmo automático que identifica los Componentes Independientes con artefactos, a través de características comunes vinculadas al comportamiento espacial y temporal de la actividad eléctrica. ADJUST detecta, principalmente, parpadeos, movimientos oculares tanto verticales como horizontales así como discontinuidades genéricas, que posteriormente el investigador decide eliminar o no, con criterios de gradualidad de activación, de situación y de intensidad asociada a artefactos oculográficos o motores. En cuanto a la referencia de la señal de EEG, se trabajó con una referencia promediada (*average*) de todas las señales (electrodos).

El análisis de los estímulos audiovisuales se realizó a partir de *epochs* (o fragmentos) en torno a eventos. En el caso del estudio de los distintos montajes audiovisuales (montaje según *Hollywood style*, versus montaje *MTV style*), los eventos se situaron en los cambios de plano. De este modo, cada cambio de plano delimitaba el punto 0 de cada *epoch* o fragmento. En el caso del audiovisual montado según el *Hollywood style*, se trabajó con un total de 33 epochs para su posterior análisis. En el caso del audiovisual montado con estilo *MTV style*, se trabajó con 79 epochs. Cada uno de ellos (33 y 79, en cada caso) se corresponde con un cambio de plano. En todos los casos, los fragmentos seleccionados para su análisis posterior se realizaron 1000 milisegundos antes del evento (o cambio de plano) y 2000 milisegundos después del mismo. Los 1000 milisegundos anteriores al evento son usados como *baseline* o línea de base de cada *trial*. El uso de los cambios de plano como eventos es una metodología de diseño de estudio innovador, teniendo en cuenta que la literatura habla principalmente del protocolo *oddball* como el estándar en el estudio de potenciales evocados por eventos (*event-related potentials*). Sabiendo que era de nuestro interés que el evento que queríamos analizar era el cambio de plano, entendimos que este nuevo planteamiento de protocolo sería útil para conseguirlo.

En el caso del estudio de la realidad frente al video, teniendo en cuenta que se comparaba un plano secuencia (en el caso del video) y una actuación teatral (en el caso de la realidad), no se podían utilizar los cambios de plano como puntos de inserción de eventos. Para insertar los puntos 0 de cada epoch se situaron eventos o *triggers* en torno a acciones.

Estos eventos se correspondían con acciones vinculadas a coger o agarrar distintos elementos. La literatura científica, tal y como se ha explicado anteriormente, vincula el ritmo μ con las acciones de coger o agarrar (por ejemplo, Perry & Bentin, 2009; Muthukumaraswamy et al., 2004; y ver sección *Caracterización e inhibición del ritmo μ*). Así que seleccionamos un total de 24 acciones de agarrar, que acontecían tanto en el estímulo real como en el estímulo de video, e insertamos en el registro de EEG un evento al inicio de dichas acciones. Las acciones estaban distribuidas a lo largo de la narración e integradas en la misma. Las 24 acciones repetidas de coger cosas en todos los sujetos y estímulos se repiten en su mayoría en varias ocasiones. Fueron: coger silla, coger pelotas de malabares, coger un maletín, coger ordenador, coger libro, coger linterna y coger manzana. Para su posterior comparativa, se analizaron los 1000 milisegundos anteriores al evento (o inicio de la acción de agarrar o coger) y 2000 milisegundos posteriores al mismo. Los 1000 milisegundos anteriores al evento son usados como *baseline* de cada *trial*.

Para analizar las señales, se generó un STUDY de EEGLAB (Delorme & Makeing, 2004). En el estudio, se trabajó con varios diseños, acordes a los intereses de la investigación y las variables utilizadas. En todos los casos se realizó un análisis doble: por un lado de canales, por otro lado de componentes. Con el fin de que el análisis de estos últimos fuera más coherente, se trabajó con agrupaciones de componentes o *clusters*. Los *clusters* se realizaron con criterios de localización de las fuentes utilizando los mapas cerebrales generados por EEGLAB y los dipolos planteados por DIPFIT2 (F.C. Donders Centre, Netherlands). Una vez se diseñaron los *clusters*, se procedió al análisis de los mismos, pudiendo así, obtener resultados no sólo vinculados a canales sino también a componentes. La caracterización de cada uno de los *clusters* utilizados y diseñados ad hoc se presenta en *Análisis de datos y resultados*.

El análisis estadístico fue realizado también con EEGLAB. Se ha trabajado con estadística paramétrica, concretamente con estudios *t-test* en electrodos y en *clusters* de componentes. En el caso de los electrodos se ha trabajado tanto con electrodos separados, como es el caso de C3 y de C4, por ejemplo, como con promedios de varios electrodos, como es el caso del análisis comparativo del poder espectral en C3, Cz y C4, conjuntamente. En el caso de los *clusters*, se ha realizado el análisis estadístico con todos los componentes que lo forman juntos. El análisis estadístico se ha llevado a cabo por EEGLAB y MATLAB, con la función `statcond()`, disponible en MATLAB Statistical Toolbox.

Create a new STUDY set

STUDY set name:

STUDY set task name:

STUDY set notes:

	dataset filename	browse	subject	session	condition	group	Select by r.v.
31	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	16		IMR	Non-professional	All comp. Clear
32	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	16		PCE	Non-professional	All comp. Clear
33	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	17		IMR	Non-professional	All comp. Clear
34	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	17		PCE	Non-professional	All comp. Clear
35	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	18		IMR	Non-professional	All comp. Clear
36	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	18		PCE	Non-professional	All comp. Clear
37	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	19		IMR	Non-professional	All comp. Clear
38	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	19		PCE	Non-professional	All comp. Clear
39	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	20		IMR	Non-professional	All comp. Clear
40	/Users/NeuroComAir/Desktop/SUJETOS DE	...	20		PCE	Non-professional	All comp. Clear

Important note: Removed datasets will not be saved before being deleted from EEGLAB memory

< Page 4 >

Update dataset info - datasets stored on disk will be overwritten (unset = Keep study info separate).

Delete cluster information (to allow loading new datasets, set new components for clustering, etc.)

Help Cancel Ok

Figura 38. Página de una configuración de un STUDY generado en EEGLAB para el análisis de la señal electroencefalográfica. En este diseño de estudio en concreto se trabajó con 20 sujetos, con 2 variables independientes para cada sujeto: tipo de sujeto (profesional y no profesional) y tipo de montaje (*Hollywood style*, codificado como IMR –*Institutional Mode of Representation*–, y *MTV style*, codificado como PCE –*Post-classical editing*). Cada sujeto tiene un *dataset* generado con los *trials* de sus registros, previamente filtrados y limpiados de manera individual. Fuente: elaboración propia.

5. Análisis de Datos y Resultados

A continuación se presenta la analítica de datos llevada a cabo en esta investigación, así como los resultados obtenidos.

En el primer apartado, se presenta un análisis de la variable dependiente **frecuencia de parpadeo**. Esta variable se estudia en relación al resto de variables independientes o factores con los que se ha trabajado en esta investigación: el tipo de estímulo (realidad - pantalla), el tipo de montaje audiovisual (plano secuencia - *Hollywood style* - *MTV style*) y el tipo de sujeto (profesional - no profesional).

Para analizar la frecuencia de parpadeo, se trabaja con un total de 40 sujetos, 20 de ellos no profesionales y 20 profesionales del audiovisual. La caracterización de los sujetos (edad, género, profesión y años en la profesión) se puede encontrar en el apartado de *Materiales y métodos* de esta investigación.

En el segundo apartado, se analiza la variable dependiente **ritmo mu** en función de las mismas variables independientes de la investigación. En primer lugar se presentan los resultados correspondientes a la desincronización del ritmo mu en función del tipo de

estímulo (realidad-pantalla). En esta ocasión se toma como punto 0 susceptible de evocar o detonar un cambio en el comportamiento bioeléctrico analizado en el EEG, el inicio de la acción agarrar. En segundo lugar, se muestran los resultados de la desincronización de mu en función del tipo de montaje (*Hollywood style – MTV style*), en esta ocasión el punto 0 de análisis comparativo sobre el EEG se corresponde con el corte de plano de cada tipo de montaje, tal y como se detallará más adelante. En tercer lugar, se analiza la desincronización del ritmo mu en los dos grupos de sujetos investigados aquí: los profesionales y los no profesionales del audiovisual. En este caso, se estudian posibles diferencias en base tanto a la acción de agarrar, como en base al corte de plano.

Para analizar la desincronización del ritmo mu en función de las tres variables independientes de esta investigación se presentan ERSPs o perturbaciones espectrales y comparaciones del poder espectral. Además, se trabaja tanto con electrodos como con componentes. Para el caso de los electrodos, se estudian los propios de las regiones centrales, vinculada al ritmo mu: C3, Cz y C4. En el caso de los componentes, se presentan varios *clusters* o agrupaciones de componentes independientes (ICs) creados ad hoc para esta investigación. Los *clusters* están diseñados a partir de componentes del área central, izquierda y derecha. Su caracterización se puede encontrar más adelante en el apartado de resultados correspondiente con el ritmo mu.

Finalmente, en el apartado tercero, se realiza un análisis del **córtex visual** en función de las mismas condiciones (tipo de estímulo, tipo de montaje y tipo de sujeto). Se analizan las diferencias que puedan acontecer en el área del córtex visual en frecuencias bajas, tanto con electrodos, O1 y O2, como con componentes agrupados en *clusters* visuales diseñados ad hoc, y se representan igualmente con ERSPs y poder espectral. Las condiciones del punto 0 de los análisis en EEG, tal y como sucediera con el estudio de ritmo mu, se corresponden con la acción de agarrar (en el caso del estudio según el tipo de estímulo), con el cambio de plano (en el caso del estudio según el montaje) o con ambos (en el caso del estudio según el sujeto).

Tanto en el análisis correspondiente a la desincronización del ritmo mu, como en el correspondiente al córtex visual, se ha trabajado con 20 sujetos, 10 de ellos profesionales y 10 no profesionales del audiovisual. La caracterización de los mismos se puede encontrar también en el apartado de *Materiales y métodos* de esta investigación.

5.1 . Frecuencia de parpadeo

“Como siempre, buscando los parpadeos, eh?”
Hugh Laurie a George Clooney en
Tomorrowland (2015)

La frecuencia de parpadeo se analizó, tal y como se ha explicado en *Materiales y métodos*, con Brainstorm (Tadel et al., 2011) corriendo sobre MATLAB (The MathWorks, Inc.). Una vez detectados los parpadeos, se realizó un análisis estadístico de los mismos con Sigmaplot versión 11.0, de Systat Software, Inc. Los resultados de dichos análisis se presentan de la siguiente manera: inicialmente, y a continuación, se muestra una primera aproximación a los datos, de manera descriptiva; después se analiza la frecuencia de parpadeo en base al tipo de estímulo presentado; detrás, en base al tipo de montaje; y, finalmente, según el tipo de sujeto.

Comenzamos, pues, con el objetivo de poder llevar a cabo una aproximación inicial a los datos, utilizando estadística descriptiva para calcular resultados básicos de interés:

- La frecuencia media de parpadeo en los sujetos durante el visionado de todos los estímulos fue de **13.536** min^{-1} , con una desviación estándar de 8.757
- La frecuencia media de parpadeo en los sujetos mientras vieron el plano secuencia, fue ligeramente superior a la media, con **13.776** min^{-1} y una desviación estándar de 9.641.
- Durante el estímulo con un montaje tipo *Hollywood style*, la frecuencia de parpadeo descendió a **13.427** min^{-1} , con una desviación estándar de 9.338.
- En el montaje *MTV style*, provocó la frecuencia de parpadeo más baja con **12.421** min^{-1} y una desviación estándar de 8.283.
- En el estímulo real, la actuación teatral, la frecuencia de parpadeo fue la más alta de todas, con **14.520** min^{-1} y una desviación estándar de 7.844.

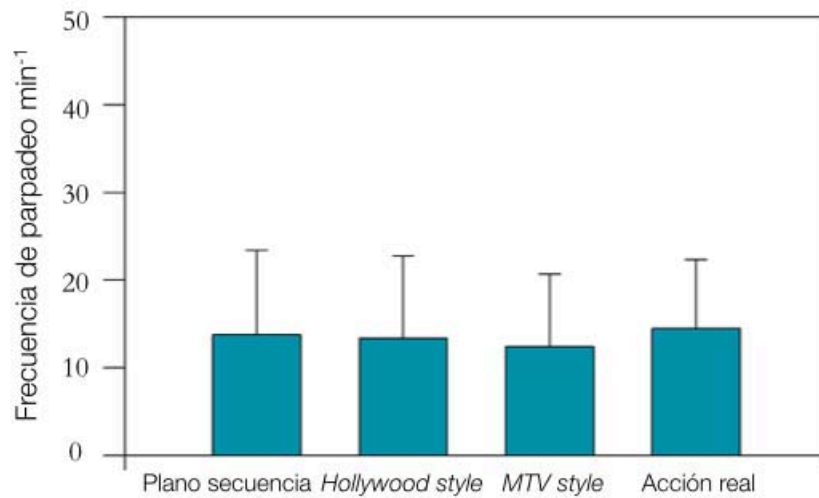


Figura 39. Media de la frecuencia de parpadeo en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación: el plano secuencia, en el montaje *Hollywood style*, en el montaje *MTV style* y en la acción real. Estos datos corresponden a la totalidad de sujetos analizados, 40. De ellos 20 son profesionales del audiovisual y 20 no profesionales. Estos datos globales indican una mayor frecuencia de parpadeo en la acción real frente a las pantallas. Y una menor frecuencia de parpadeo con el montaje según el *MTV style*. Fuente: elaboración propia.

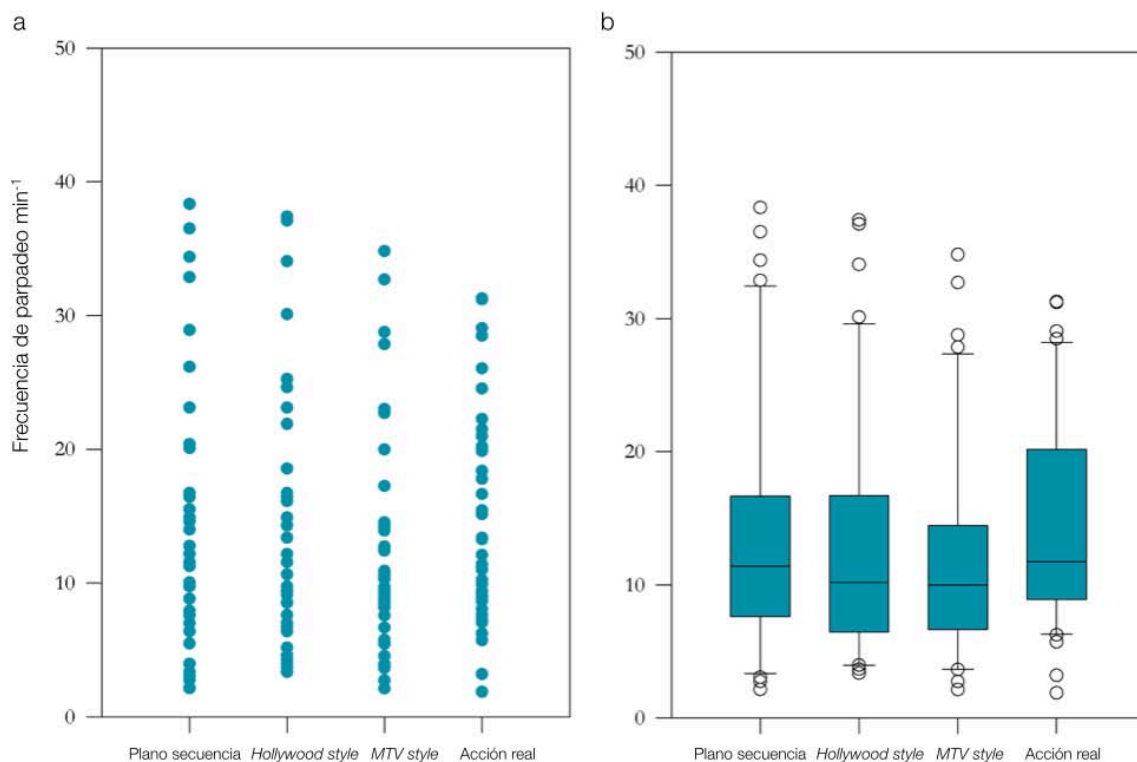


Figura 40. Frecuencia de parpadeo de los 40 sujetos en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación: en el plano secuencia, en el montaje *Hollywood style*, en el montaje *MTV style* y en la acción real. a. Medias de la frecuencia de parpadeo de los 40 sujetos. En la escala de valores se aprecia las diferencias que hay entre sujetos. b. Diagrama de cajas de la frecuencia de parpadeo de todos los sujetos. La mediana de la frecuencia de parpadeo es superior en el caso de la acción real, mientras que el montaje *MTV style* obtiene la inferior de todos los estímulos. Fuente: elaboración propia.

Si dividimos estos resultados por grupos (figs. 41 y 42), encontramos los siguientes datos en el grupo de los **sujetos no profesionales**:

- La frecuencia media de parpadeo en los sujetos no profesionales durante el visionado de todos los estímulos juntos fue de **17.352** min^{-1} , con una desviación estándar de 9.14.
- La frecuencia media de parpadeo en los sujetos mientras vieron el plano secuencia, fue de **18.018** min^{-1} con una desviación estándar de 9.917.
- Durante el estímulo con un montaje tipo *Hollywood style*, la frecuencia de parpadeo fue de **17.508** min^{-1} con una desviación estándar de 10.108.
- En el montaje *MTV style*, la frecuencia de parpadeo resultó de **15.9** min^{-1} con una desviación estándar de 8.899.
- En el estímulo real, la frecuencia de parpadeo fue de **17.983** min^{-1} con una desviación estándar de 8.033.

En el grupo de los **sujetos profesionales** la media de la frecuencia de parpadeo al minuto disminuye:

- La frecuencia de parpadeo en los sujetos profesionales del audiovisual durante el visionado de todos los estímulos juntos fue de una media de **9.719** min^{-1} , con una desviación estándar de 6.426.
- La frecuencia media de parpadeo en los sujetos durante el visionado del plano secuencia, fue de **9.534** min^{-1} con una desviación estándar de 7.386.
- Con el estímulo con un montaje *Hollywood style*, la frecuencia de parpadeo fue de **9.347** min^{-1} , con una desviación estándar de 6.462.
- Con el montaje *MTV style*, la frecuencia de parpadeo media en los sujetos profesionales fue de **8.941** min^{-1} con una desviación estándar de 6.012.
- En la presentación de la acción real, la frecuencia de parpadeo ascendió a **11.056** min^{-1} , con una desviación estándar de 6.042.

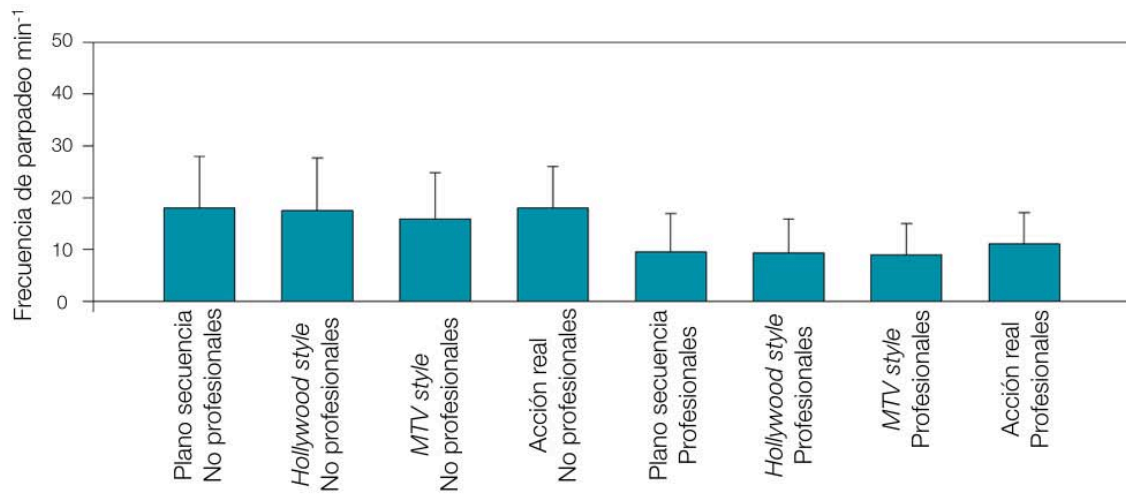


Figura 41. Media de la frecuencia de parpadeo en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación (plano secuencia, montaje *Hollywood style*, montaje *MTV style* y acción real) en sujetos profesionales y no profesionales del audiovisual. Las cuatro primeras columnas corresponden a los sujetos no profesionales. Las cuatro últimas columnas a los profesionales. Esta gráfica ilustra las diferencias entre los grupos de sujetos, profesionales y no profesionales del audiovisual. Estas diferencias entre grupos de sujetos se contrastarán con posterioridad con análisis estadísticos con el objetivo de contrastar las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación acerca de la diferencia de percepción audiovisual entre profesionales y legos. Fuente: elaboración propia.

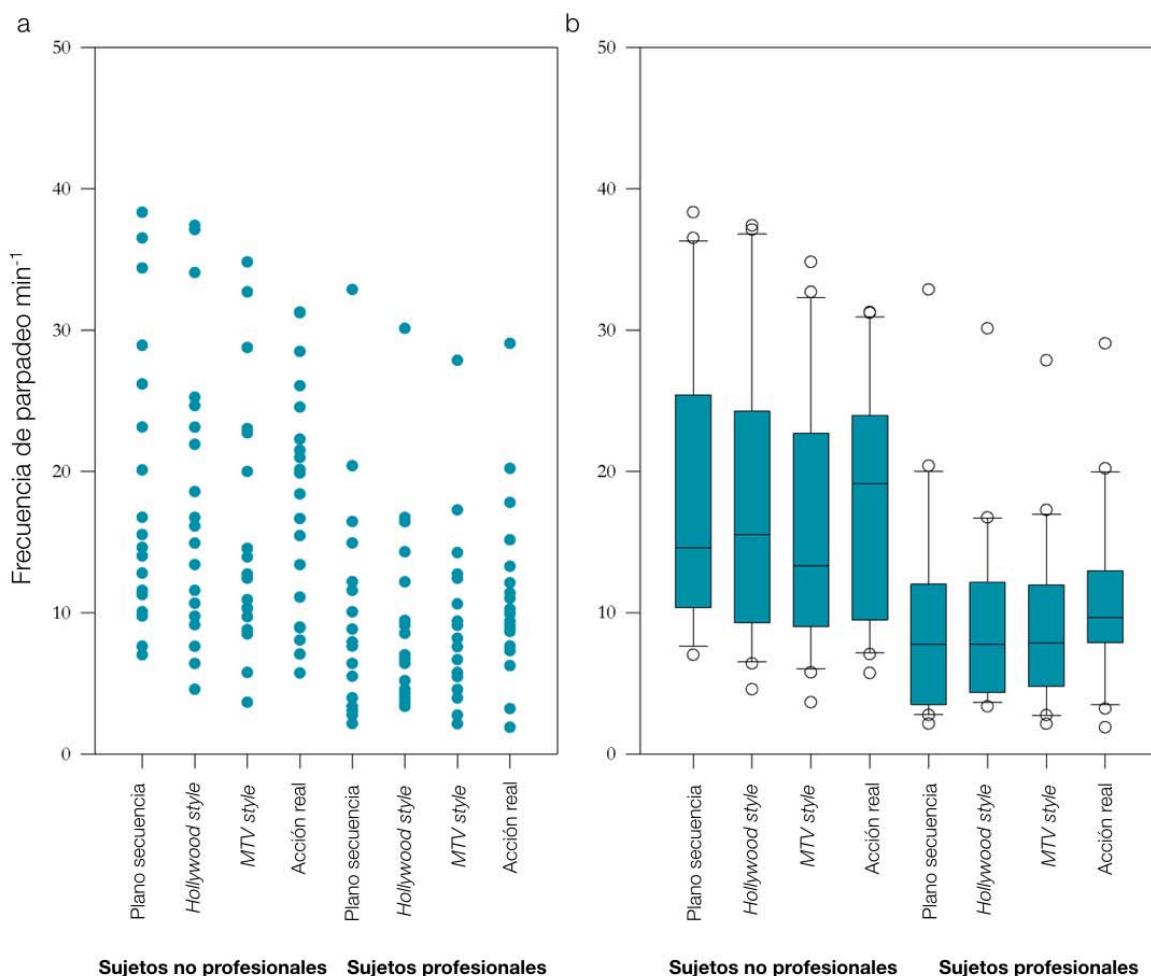


Figura 42. Frecuencia de parpadeo de los 20 sujetos profesionales y los 20 no profesionales en los cuatro estímulos utilizados en esta investigación. En a. y b., las cuatro primeras columnas corresponden al grupo de 20 sujetos no profesionales y las cuatro últimas columnas al grupo de 20 sujetos profesionales del audiovisual estudiados. a. El grupo de los sujetos profesionales muestran mayor homogeneidad en la frecuencia de parpadeo, se aprecia la existencia de un sujeto en todos los estímulos, que está muy por encima del resto del grupo. En el grupo de los sujetos no profesionales, la homogeneidad es inferior. Estos datos se corresponden con las desviaciones estándar superiores en este grupo de no profesionales frente al de profesionales. b. El diagrama de cajas muestra una mayor mediana de la frecuencia de parpadeo en la realidad que en los estímulos a través de pantallas, sugiriendo una inhibición del parpadeo en el visionado de pantallas. Por otro lado, la frecuencia de parpadeo parece disminuir en el grupo de los no profesionales en el montaje según *MTV style*. La homogeneidad entre los resultados de los profesionales se aprecia superior. Todas las medianas de los sujetos profesionales son inferiores a las de los no profesionales, ilustrando así una inferior frecuencia de parpadeo entre los profesionales del audiovisual, visualicen estos pantallas o con acción real. Todas estas apreciaciones serán contrastadas con herramientas estadísticas a lo largo de las siguientes páginas, con el objetivo de determinar si estas diferencias detectadas aquí son o no significativas. Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la tabla 7 un resumen de todos estos datos descritos hasta el momento:

a

Todos los sujetos	Media	Desv. Estándar	Mediana
Plano secuencia	13.776 min ⁻¹	9.641	11.404
<i>Hollywood style</i>	13.427 min ⁻¹	9.338	10.182
<i>MTV style</i>	12.421 min ⁻¹	8.283	9.985
Acción real	14.520 min ⁻¹	7.844	11.732

b

No profesionales	Media	Desv. Estándar	Mediana
Plano secuencia	18.018 min ⁻¹	9.917	14.597
<i>Hollywood style</i>	17.508 min ⁻¹	10.108	15.502
<i>MTV style</i>	15.9 min ⁻¹	8.899	13.313
Acción real	17.983 min ⁻¹	8.033	19.114

c

Profesionales	Media	Desv. Estándar	Mediana
Plano secuencia	9.534 min ⁻¹	7.386	7.755
<i>Hollywood style</i>	9.347 min ⁻¹	6.462	7.751
<i>MTV style</i>	8.941 min ⁻¹	6.012	7.867
Acción real	11.056 min ⁻¹	6.042	9.636

Tabla 7. Resumen de la frecuencia de parpadeo en los estímulos analizados, con media, desviación estándar y mediana. Aparecen, por orden: a. los datos correspondientes a todos los sujetos juntos (40); b. los datos de los sujetos no profesionales (20); y c. los correspondientes al grupo de sujetos profesionales (20). Tal y como se ha explicado en la figura anterior, destaca la menor frecuencia de parpadeo entre los sujetos profesionales frente a los no profesionales. La homogeneidad de éstos también parece superior, dada su inferior desviación estándar. Fuente: elaboración propia.

En estas primeras apreciaciones descriptivas se pueden observar varias tendencias:

- el grupo de los sujetos profesionales tiene una mayor homogeneidad en la frecuencia de parpadeo, mientras que el grupo de no profesionales se presenta más heterogéneo, con mayores desviaciones estándar;
- en los sujetos no profesionales la frecuencia de parpadeo disminuye en el montaje *MTV style*, frente al *Hollywood style* o el plano secuencia;
- en general, la acción real conlleva un mayor número de parpadeos con respecto al montaje audiovisual, aunque el grupo de sujetos no profesionales no presenta esta tendencia;
- la frecuencia de parpadeo es muy inferior en los profesionales que en los no profesionales, en todos los tipos de estímulos estudiados;
- los sujetos profesionales tienen menor frecuencia de parpadeo que los no profesionales independientemente del estímulo que se compare, sugiriendo que los sujetos profesionales parpadean menos, incluso viendo la realidad.

A continuación se realizan varios análisis estadísticos, para ver si estas tendencias que aportan los datos descriptivos se pueden confirmar con diferencias estadísticamente significativas. Se va a trabajar el análisis a partir de las variables analizadas en esta investigación: tipo de estímulo (real - pantalla), tipo de montaje (plano secuencia - *Hollywood style* - *MTV style*) y tipo de sujeto (profesionales - no profesionales). Se comprobará así si las observaciones mencionadas en el párrafo anterior son estadísticamente significativas.

5.1.1.1. La frecuencia de parpadeo según el tipo de estímulo

Comenzamos analizando los datos para ver si hay diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia de parpadeo de los sujetos en función del tipo de estímulo. Se trata de comprobar las diferencias existentes entre ver las pantallas y ver la realidad. Para ello, se plantean dos enfoques para los análisis comparativos:

Por un lado, se compara la frecuencia de parpadeo entre el estímulo de acción real y el video en plano secuencia, sin cortes de plano. Aunque el consumo habitual de audiovisual, actualmente, es con cortes de plano, se considera de interés para esta investigación comparar estos dos estímulos, teniendo en cuenta que el plano secuencia ofrece un estímulo más parecido a la visión en la realidad, por carecer de cortes y movimientos de cámara (el sujeto en el visionado de la acción real está quieto). Se trabaja con la frecuencia de parpadeo como variable dependiente y el tipo de estímulo (acción real frente a video en plano secuencia) como la independiente.

A través de un *paired-samples t-test*⁶ a todos los sujetos juntos, con H_0 de que la diferencia de las medias de las observaciones por pares es cero, se obtiene $t(39)=-1.026$, $p=0.311$, y, por tanto, se acepta H_0 descartando la relación de diferencia significativa entre el tipo de estímulo, desde este planteamiento de plano secuencia, y la frecuencia de parpadeo.

Si realizamos una comparativas con *paired-samples t-test* de los mismos estímulos (plano secuencia y acción real) en cada uno de los grupos de sujetos, no profesionales y profesionales, obtenemos que tampoco existe una relación directa en el caso de los sujetos no profesionales: $t(19)=-0.0284$ $p=0.978$. En el grupo de los sujetos profesionales, por su parte, encontramos una diferencia significativa marginal en la frecuencia de parpadeo en función del visionado del estímulo real y del estímulo en pantalla realizado con un plano secuencia: $t(19)=-2.086$ $p=0.051$. Estos datos indican que, con una significancia estadística marginal, los sujetos

⁶ Dado el extendido uso en estadística de las voces inglesas para muchos tipos de análisis, en gran parte de la literatura científica, en el presente apartado se ha optado por utilizar dichas voces inglesas en todos los casos para explicar el sistema de análisis estadístico utilizado en esta investigación.

profesionales inhiben su frecuencia de parpadeo ante la pantalla (en realización con plano secuencia) frente a la realidad.

A continuación, se realiza otro enfoque de análisis más próximo al consumo audiovisual habitual: al comparar los estímulos a través de pantalla se trabaja con todos los montajes analizados en esta investigación, es decir, se incluye el plano secuencia, el montaje según *Hollywood style* y el realizado según el *MTV style*. Teniendo en cuenta que el consumo audiovisual puede tener cualquiera de los tres estilos de montaje, se entiende de mayor interés comprobar qué resulta de esta comparativa de pantallas (independientemente del tipo de montaje) y acción real.

A través de un *paired-samples t-test* con todos los sujetos se obtiene una diferencia significativa ($p < 0.05$), $t(39) = -2.34$, $p = 0.024$. Los datos indican que la inhibición de la frecuencia de parpadeo en el visionado de la pantalla, independientemente del estilo del montaje, frente a la realidad es estadísticamente significativa.

Separados los grupos de sujetos, se analiza del mismo modo cada uno de ellos, sin diferencias significativas en el grupo de los no profesionales: $t(19) = -1.006$, $p = 0.327$; pero sí se obtienen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.01$) en el grupo de los sujetos profesionales: $t(19) = -2.874$, $p = 0.01$.

Estos resultados indican que existe una diferencia significativa en la frecuencia de parpadeo en los sujetos profesionales al enfrentarse al visionado de estímulos a través de pantallas, independientemente de su estilo de montaje, o a través de la realidad. Las pantallas provocan una inhibición de parpadeo que, si bien se presenta significativa en el análisis conjunto de los sujetos, ante el desglose entre grupos, se comprueba que la diferencia en el global de los sujetos no profesionales no parece ser significativa.

Variable: tipo de estímulo (Pantalla - Acción real)	t	Valor p
Pantalla (plano secuencia) versus Acción real	(39)=-1.026	0,311
Pantalla (plano secuencia) versus Acción real, en sujetos no profesionales	(19)=0.0284	0,978
Pantalla (plano secuencia) versus Acción real, en sujetos profesionales	(19)=-2.086	0,051**
Pantalla (plano secuencia, <i>Hollywood style</i> y <i>MTV style</i>) versus Acción real	(39)=-2.34	0,024*
Pantalla (plano secuencia, <i>Hollywood style</i> y <i>MTV style</i>) versus Acción real, en sujetos no profesionales	(19)=-1.006	0,327
Pantalla (plano secuencia, <i>Hollywood style</i> y <i>MTV style</i>) versus Acción real, en sujetos profesionales	(19)=-2.874	0,01*

Tabla 8. Resumen del valor de estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de estímulo (pantalla y real). Estos valores de p han sido alcanzados según distintos análisis comparativos por pares de t-test para muestras apareadas (paired-samples t-test). Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor próximo a 0.05, diferencia significativa marginal.

Los datos indican que la diferencia en la frecuencia de parpadeo en los sujetos profesionales cuando se enfrentan a un estímulo real y un estímulo a través de una pantalla, con independencia del montaje del audiovisual, refleja que se produce una inhibición del parpadeo al ver pantallas. Esto es coherente con la sequedad ocular provocada por la ausencia de parpadeo al ver las pantallas durante mucho tiempo.

Por otro lado, estos datos sugieren que los profesionales del audiovisual tienen un distinto modo (caracterizado en este punto a través de la frecuencia de parpadeo) de ver las pantallas y la realidad, dado que en este grupo la diferencia entre las pantallas y la realidad es más clara que en el grupo de los no profesionales, que no presentan diferencias de interés estadístico.

Estos resultados aportarían datos para afirmar la veracidad de la primera hipótesis de esta investigación que decía que existían diferencias en la percepción de un estímulo presentado a través de una pantalla o con una acción real. Pese a que esa hipótesis será tratada también en otros términos (con otras variables dependientes), en lo que a la frecuencia de parpadeo respecta, parece que si el estímulo es de un tipo u otro (real o pantalla), sí afecta a la

frecuencia de parpadeo en el caso de los profesionales. Y, pese a que en el caso de los no profesionales, esta diferencia no parece ser tal, en el global de los sujetos, los resultados sí son significativos.

Estos datos también servirán para analizar la cuarta hipótesis de esta investigación, que postulaba la existencia de diferencias en la percepción de imágenes entre los sujetos profesionales y los no profesionales. Teniendo en cuenta que la diferencia en la percepción de pantallas o acción real es significativa en los profesionales del audiovisual, en lo que a la frecuencia de parpadeo respecta, y no en los no profesionales, comprobamos dicha diferencia en la percepción entre los grupos de sujetos.

5.1.2. La frecuencia de parpadeo según el tipo de montaje

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la frecuencia de parpadeo según el tipo de montaje: plano secuencia, *Hollywood style* y *MTV style*.

Anteriormente, se ha podido ver, en la descripción de los datos obtenidos en esta investigación, que tanto en los sujetos profesionales del audiovisual como en los no profesionales, el montaje con *MTV style* provocaba una inhibición de la frecuencia de parpadeo (tabla 7). Conviene comparar estos datos para averiguar si las diferencias entre los estilos de los montajes son estadísticamente significativas y si es posible afirmar que el montaje y el estilo del audiovisual influye en la frecuencia de parpadeo.

Analizamos a través de un estudio para distribuciones no normales *Friedman Repeated Measures (RM) Analysis of Variance (ANOVA) on RANKS* (equivalente al paramétrico *one-way RM ANOVA*), la existencia de diferencias estadísticamente significativas en función del tipo de montaje (plano secuencia, *Hollywood style* y *MTV style*). La H_0 del test de Friedman es que no hay diferencias entre los grupos. Con los resultados obtenidos, *Friedman's chi-square* (2)=7.2, $p=0.027$), rechazamos la hipótesis nula, ya que obtenemos $p<0.05$ sugiriendo que existe diferencia significativa entre los montajes (tabla 9a).

Para aislar el grupo o grupos que difieren del resto, realizamos tres procedimientos de comparación múltiple por pares: plano secuencia versus *MTV style*, plano secuencia versus *Hollywood style*, *Hollywood style* versus *MTV style*.

El primer análisis que realizamos es un Test Turkey con el que obtenemos que sólo la comparación por pares entre el plano secuencia y el *MTV style* ofrece significancia estadística ($p<0.05$). Este resultado sugiere que la diferencia en la frecuencia de parpadeo acontecida entre el estímulo con realización según *MTV style* y el estímulo realizado con un plano secuencia es significativa, en términos estadísticos. Con ello, el montaje estilo videoclip provoca, con respecto del plano secuencia, una inhibición significativa del parpadeo.

El segundo análisis para comparar por pares que utilizamos es el método Dunn. En esta ocasión, se obtiene también un valor $p < 0.05$ en la comparación del plano secuencia y el montaje según *MTV style*, sugiriendo que este tipo de montaje inhibe significativamente el parpadeo.

El tercer análisis de comparación por pares que realizamos es siguiendo el método de Student-Newman-Keuls. Este análisis, mucho menos conservador en la comparativa de la diferencia de rangos y en el modo en que alcanza el valor p , detecta también diferencias de significancia estadística en la comparación de plano secuencia versus *MTV style*, con $p < 0.05$.

Con el fin de comprobar la significancia estadística del montaje por grupos, realizamos un análisis *Friedman RM ANOVA on Ranks* en el grupo de los no profesionales (tabla 9b) y obtenemos $p < 0.01$: Friedman's chi-square (2)=11.1, $p=0.004$. Este resultado sugiere que el tipo de montaje afecta a la frecuencia de parpadeo de manera significativa en el grupo de los no profesionales. De nuevo, con interés de aislar el montaje o montajes que afecta más al conjunto de los sujetos, realizamos tres comparaciones estadísticas por pares: el Test Turkey que ofrece significancia estadística ($p < 0.05$) en la comparación entre el plano secuencia y el *MTV style*; el test Dunn que obtiene $p < 0.05$ también en el caso de la comparación por pares del plano secuencia y el *MTV style*; y el método Student-Newman-Keuls, menos conservador en su comparativa, indica la existencia de significancia estadística ($p < 0.05$) en todas las comparaciones por pares realizadas: el plano secuencia versus *MTV style*; el plano secuencia versus *Hollywood style* y *Hollywood style* versus *MTV style*.

En el grupo de los sujetos profesionales (tabla 9c), al presentar una distribución normal, se realiza un análisis *one-way RM ANOVA* que indica que no existe una diferencia en la frecuencia de parpadeo, de interés estadístico, en función del tipo de montaje en este grupo de sujetos: $F_{(2,19)}=0.487$, $p=0.618$. Por tanto, en este caso, no se realizan comparaciones por pares que aislen qué montajes producen una inhibición de la frecuencia de parpadeo, estadísticamente significativa.

a

Variable: tipo de montaje (Plano secuencia - <i>Hollywood style</i> - <i>MTV style</i>)	Friedman's chi-square	Valor p
Plano secuencia, <i>Hollywood style</i> , <i>MTV style</i>	(2)=7.2	0.027*

Comparaciones por pares:

Turkey-Test	p<0.05	Plano secuencia vs. <i>MTV style</i>
Dunn's Method		Plano secuencia vs. <i>MTV style</i>
Student-Newman-Keuls Method		Plano secuencia vs. <i>MTV style</i>

b

Variable: tipo de montaje (Plano secuencia - <i>Hollywood style</i> - <i>MTV style</i>) No Profesionales	Friedman's chi-square	Valor p
Plano secuencia, <i>Hollywood style</i> , <i>MTV style</i>	(2)=11.1	0.004**

Comparaciones por pares:

Turkey-Test	p<0.05	Plano secuencia vs. <i>MTV style</i>
Dunn's Method		Plano secuencia vs. <i>MTV style</i>
Student-Newman-Keuls Method		Plano secuencia vs. <i>MTV style</i> Plano secuencia vs. <i>Hollywood style</i> <i>MTV style</i> vs. <i>Hollywood style</i>

c

Variable: tipo de montaje (Plano secuencia - <i>Hollywood style</i> - <i>MTV style</i>) Profesionales	F	Valor p
Plano secuencia, <i>Hollywood style</i> , <i>MTV style</i>	F _(2,19) =0.487	0.618

Tabla 9. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de montaje (plano secuencia, *Hollywood style* y *MTV style*). a. Datos del global de sujetos. b. Datos de los sujetos no profesionales. c. Datos de los sujetos profesionales. Estos valores de p han sido alcanzados según distintos análisis comparativos de mediciones repetidas. Los estudios por pares realizados a posteriori en los casos de significancia estadística son diversos con el fin de determinar tendencias y comprobar las coincidencias de estas. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente significativa.

A continuación, con el fin de contrastar estos resultados de manera independiente, se plantea un estudio por pares entre cada uno de los estímulos (tabla 10): plano secuencia versus *Hollywood style*, *Hollywood style* versus *MTV style* y plano secuencia versus *MTV style*. A su vez se realiza cada comparación con todos los sujetos, por un lado, y en cada uno de los grupos por separado, por otro.

Esta comparativa por pares, que anexa a los análisis presentados en los párrafos anteriores tiene un objetivo claro: contrastar y comprobar que las tendencias obtenidas se presentan con distintos tipos de análisis. Teniendo en cuenta que ni el valor p es el santo grial de la estadística, ni todos los métodos son ideales para todos los datos registrados en una investigación, se entiende que varias aproximaciones a los datos pueden facilitar evitar alcanzar algunos errores de Tipo I o de Tipo II en esta investigación.

En la primera comparación por pares entre el plano secuencia y el montaje según *Hollywood style*, se realiza, en el caso de todos los sujetos juntos, un *Wilcoxon Signed Rank Test* para distribuciones no normales, equivalente al *paired-samples t-test*. La H_0 de este estudio contempla que la diferencia entre las medianas de los pares observados es cero. La distribución normal en el grupo de los no profesionales y en el de profesionales permite el análisis con un *paired-samples t-test* en cada caso, con H_0 de que la diferencia de las medias observadas por pares es cero. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en esta primera comparación entre el plano secuencia y el montaje según *Hollywood style* en ninguno de los casos. Los resultados de todos los sujetos juntos: $W=-192$, $Z=-1.29$, $p=0.199$; los resultados en el grupo de los no profesionales: $t(19)=0.704$, $p=0.490$; y en el grupo de los profesionales: $t(19)=0.272$, $p=0.789$. Por tanto, aceptamos H_0 en todos los casos, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia de parpadeo.

En la segunda comparación, realizada entre el montaje según el *Hollywood style* y el montaje según *MTV style*, se realizan comparaciones por pares, igualmente con *Wilcoxon Signed Rank Test* (en todos los sujetos) y *paired-samples t-tests* (en cada uno de los grupos), para distribuciones no normales y normales, respectivamente. Tampoco se encuentran diferencias estadísticamente significativas si analizamos a cada uno de los grupos, pero sí aparece una diferencia significativa marginal en el global de los sujetos. Todos los sujetos juntos: $W=-284$, $Z=-1.909$, $p=0.057$; los sujetos no profesionales: $t(19)=1.760$, $p=0.094$; y los sujetos profesionales: $t(19)=0.764$, $p=0.454$.

La tercera comparación entre el plano secuencia y el *MTV style* sí aporta diferencias estadísticamente significativas en el global de los datos y en el grupo de los no profesionales. Un *Wilcoxon Signed Rank Test* en el caso de todos los sujetos resulta: $W = -358$, $Z = -2,406$, $p = 0.016$; el mismo test en el grupo de los sujetos no profesionales resulta: $W = -132$, $Z = -2.464$, $p(\text{exacto}) = 0.012$; y un paramétrico *paired-samples t-test* en el caso de los sujetos profesionales, resulta un $t(19) = 0.969$, $p = 0.345$.

Variable: tipo de montaje (Plano secuencia - <i>Hollywood style</i> - <i>MTV style</i>) por pares		Valor p
Plano secuencia versus <i>Hollywood style</i>	$Z = -1.29$	0.199
Plano secuencia versus <i>Hollywood style</i> , en sujetos no profesionales	$t(19) = 0.704$	0.490
Plano secuencia versus <i>Hollywood style</i> , en sujetos profesionales	$t(19) = 0.272$	0.789
<i>Hollywood style</i> versus <i>MTV style</i>	$Z = -1.909$	0.057**
<i>Hollywood style</i> versus <i>MTV style</i> , en sujetos no profesionales	$t(19) = 1.760$	0.094
<i>Hollywood style</i> versus <i>MTV style</i> , en sujetos profesionales	$t(19) = 0.764$	0.454
Plano secuencia versus <i>MTV style</i>	$Z = -2,406$	0.016*
Plano secuencia versus <i>MTV style</i> , en sujetos no profesionales	$Z = -2.464$	0.012*
Plano secuencia versus <i>MTV style</i> , en sujetos profesionales	$t(19) = 0.969$	0.345

Tabla 10. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones por pares alrededor del tipo de montaje (plano secuencia, *Hollywood style*, *MTV style*), estudiadas de manera independiente. Fuente: elaboración propia.

* valor < 0.05 , diferencia estadísticamente significativa.

** valor próximo a 0.05, diferencia significativa marginal.

Inicialmente, hemos visto que el número de parpadeos disminuye con el aumento del montaje *MTV style*. Sin embargo, esta inhibición del parpadeo no resulta estadísticamente significativa en todos los casos. Los resultados alcanzados en este punto sugieren que existen una inhibición significativa en la frecuencia de parpadeo en el montaje según *MTV style*, frente al plano secuencia. Esta diferencia acontece destacada en los sujetos no profesionales, indicando que estos parpadean distinto en función del montaje. Los profesionales del

audiovisual, por su parte, no parecen mostrar diferencias de interés estadístico en la frecuencia de parpadeo en función del montaje.

Estos datos sugieren que los profesionales del audiovisual no tienen en cuenta el tipo de montaje al que se enfrentan para parpadear, quizás, para ellos mirar una pantalla implica prestar atención, independientemente de si el montaje se la capta o no, es parte de su trabajo. Los sujetos no profesionales, por su parte, sí que parece que están influidos por el número de cortes de plano que se incluyan en la obra audiovisual para parpadear más o menos. El mayor número de cortes de plano disminuye la frecuencia de parpadeo.

Cabe destacar que el análisis globales, independientemente del tipo de sujeto, estos datos sí son significativos y el montaje, en algunas ocasiones, afecta a la frecuencia de parpadeo. La ocasión más clara es la obtenida al compara el plano secuencia y el *MTV style*, inhibiendo este último tipo de montaje la frecuencia de parpadeo.

Estos datos contrastarían la segunda hipótesis de esta investigación, que decía que existían diferencias en la frecuencia e inhibición de parpadeo en función del montaje audiovisual. Por un lado verificarían que esto acontece en el global de los sujetos y muy claramente en los sujetos no profesionales que se enfrentan a un montaje con muchos planos comparado con un montaje de un único plano secuencia. Por otro lado, refutarían que esto suceda en sujetos profesionales entendido como grupo característico de análisis.

Cabe recordar que la tercera hipótesis de esta investigación también trabaja en con el factor del montaje para comprobar si éste influye en los procesos cerebrales. La verificación o refutación de la tercera hipótesis deberá ser analizada junto a esta segunda hipótesis, dado que ambas tratan de estudiar mostrar si el montaje audiovisual tiene relación con el procesamiento de las imágenes en movimiento.

5.1.3. La frecuencia de parpadeo según el tipo de sujeto

En este punto, se buscan diferencias significativas en la frecuencia de parpadeo en función del tipo de sujeto: profesionales y no profesionales del audiovisual.

Anteriormente (tabla 7) vimos que los profesionales parpadeaban menos que los no profesionales, en cualquiera de los estímulos de esta investigación. Esta diferencia en la frecuencia de parpadeo, necesitaba de un análisis más profundo para contrastar si esta diferencia era estadísticamente significativa. Para ello, realizamos una primera comparación entre un grupo y otro, con el global de los estímulos presentados, a través de un *Mann-Whitney Rank Sum Test* no paramétrico, equivalente a un *unpaired t-test*, que compara grupos de individuos distintos. La H_0 de este estudio contempla que las dos muestras fueron extraídas de poblaciones continuas idénticas. El estudio que compara la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales, independientemente del tipo de estímulo analizado, aporta como resultado del valor de $p < 0.01$, Mann-Whitney $U=86$, $n=20$, $p=0.002$, se rechaza entonces la hipótesis nula y se entiende que resulta estadísticamente significativo el factor del tipo de sujeto para la variable dependiente frecuencia de parpadeo. Es decir, el tipo de sujeto (independientemente del estímulo) sí afecta a la frecuencia de parpadeo.

A continuación, se realiza la misma comparativa de manera aislada en cada uno de los estímulos presentados a los sujetos. En los 4 casos (tabla 11), plano secuencia, montaje según *Hollywood style*, montaje según *MTV style* y representación de acción real, se obtiene un valor $p < 0.01$. En el plano secuencia, Mann-Whitney $U=86.5$, $n=20$, $p=0.002$; en el montaje *Hollywood style*, Mann-Whitney $U=90$, $n=20$, $p=0.003$; en el montaje *MTV style*, Mann-Whitney $U=94.5$, $n=20$, $p=0.004$; en la acción real, $t(38)=3.082$, $p=0.004$. Al rechazar H_0 y aceptar H_a , alcanzamos que los dos grupos comparados difieren significativamente en todos los casos analizados.

Variable: sujeto (No Profesional - Profesional)		Valor p
Profesional versus No profesional	U=86, n=20	0.002*
Profesional versus No profesional, en el plano secuencia	U=86.5, n=20	0.002*
Profesional versus No profesional, en el montaje <i>Hollywood style</i>	U=90, n=20	0.003*
Profesional versus No profesional, en el montaje <i>MTV style</i>	U=94.5, n=20	0.004*
Profesional versus No profesional, en la acción real	t(38)=3.082	0.004*

Tabla 11. Resumen del valor del estadístico p obtenido en distintas comparaciones alrededor del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales). Se presentan los resultados en el conjunto de todos los sujetos, así como en cada tipo de estímulo analizado: plano secuencia, *Hollywood style*, *MTV style* y acción real. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.01, diferencia estadísticamente significativa.

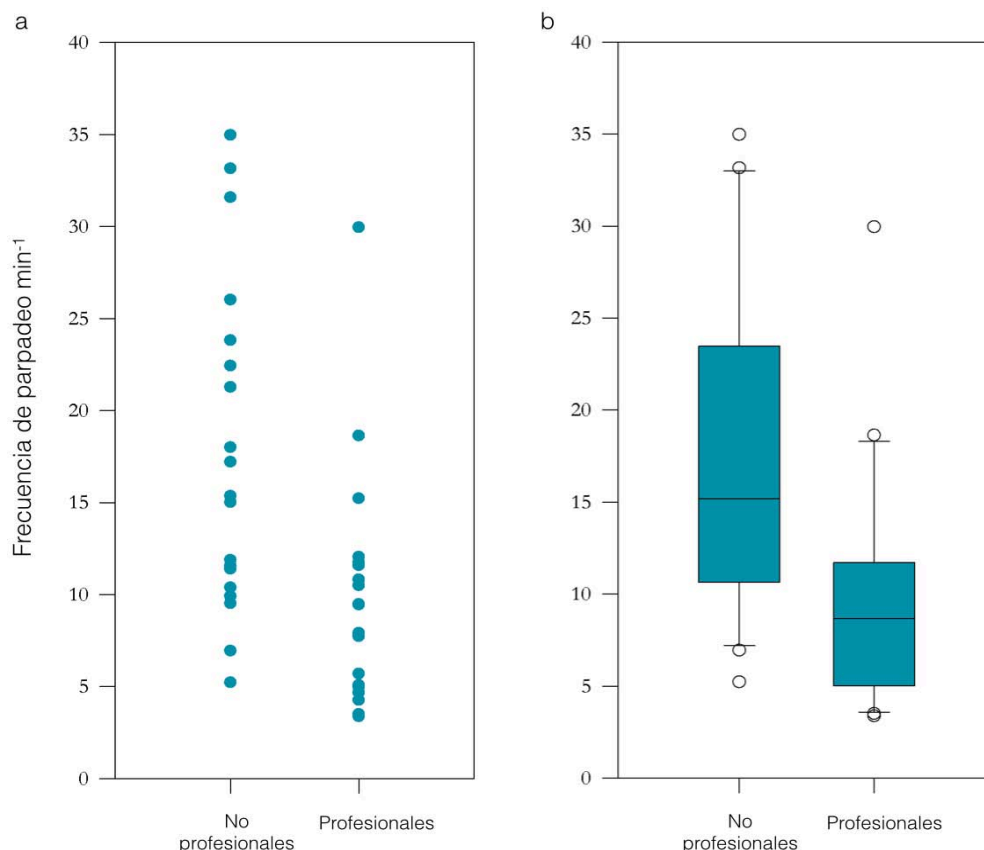


Figura 43. Comparativa en la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales del audiovisual. Se presenta el global de parpadeos al minuto entre todos los estímulos estudiados. a, b: se aprecia cómo los sujetos profesionales muestran mayor homogeneidad en su frecuencia de parpadeo. Hay un sujeto profesional cuya frecuencia de parpadeo claramente se aleja de la del resto que muestra una tendencia conjunta a bajas frecuencias de parpadeo. Los sujetos no profesionales, por su parte, son un grupo más heterogéneo, ya que presentan mayor variedad en la frecuencia de parpadeo. b: la mediana de los sujetos no profesionales difiere significativamente de

la de los sujetos profesionales. Estos datos apuntan a que la especialización en el audiovisual de los sujetos influye en la inhibición del parpadeo de los sujetos. Fuente: elaboración propia.

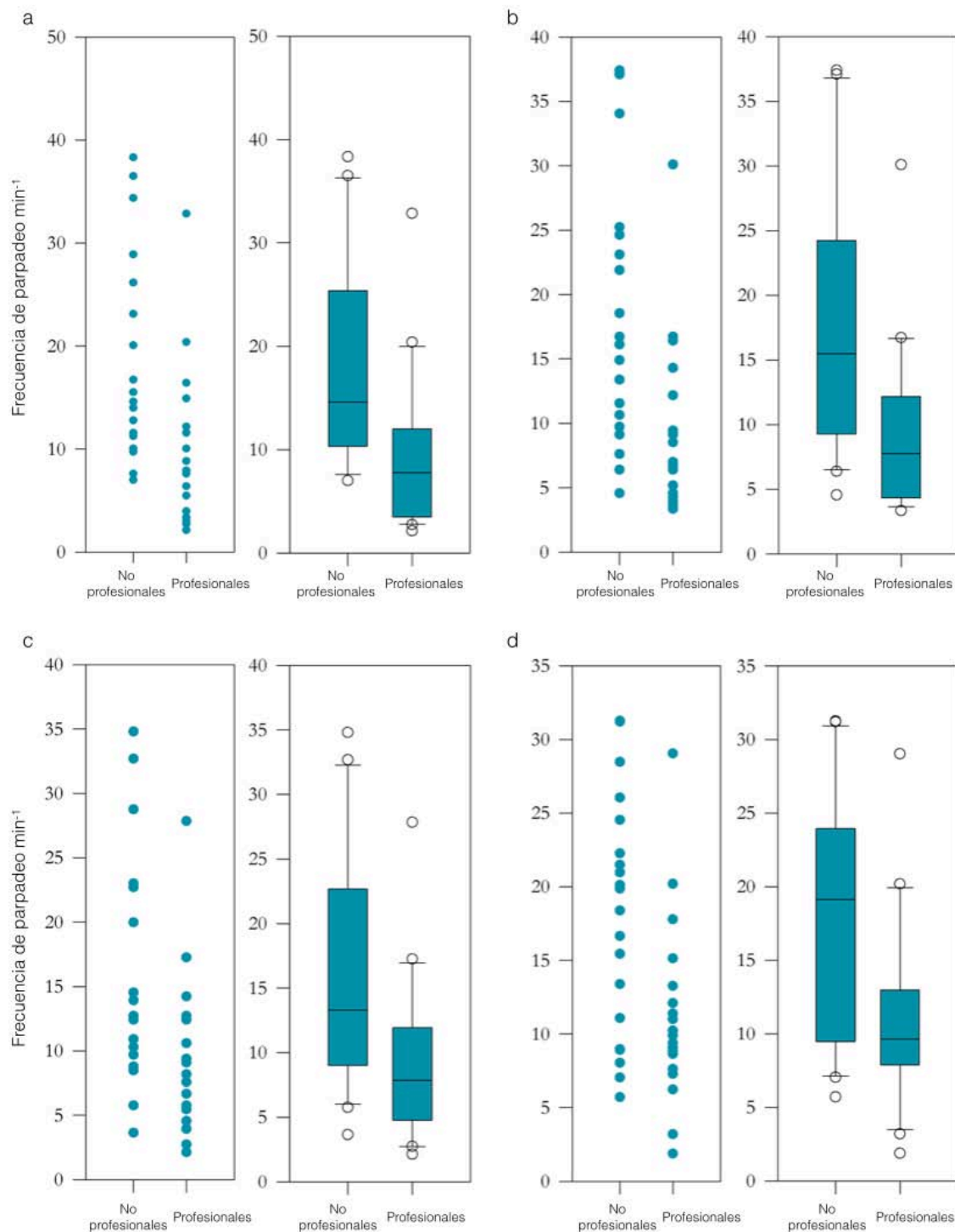


Figura 44. Comparativa en la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales del audiovisual, dividida por estímulos. a: plano secuencia; b: *Hollywood style*; c: *MTV style*; d: acción real. De nuevo se aprecia una mayor homogeneidad en la frecuencia de parpadeo en el grupo de profesionales del audiovisual. El grupo de los no profesionales es más heterogéneo en todos los estímulos. Tal y como se apreciaba en la figura anterior de datos globales, hay un sujeto profesional cuya frecuencia de parpadeo se aleja de su grupo en la percepción de todos los estímulos. Fuente: elaboración propia.

La cuarta hipótesis de la investigación decía que los profesionales del audiovisual y los legos poseían distintas maneras de percibir las imágenes. En este caso, en cuanto a la frecuencia de parpadeo se refiere, se puede afirmar que la hipótesis es cierta. Son muy significativos los resultados obtenidos en estos análisis comparativos. Y en todos los tipos de montaje existen diferencias en la frecuencia de parpadeo entre profesionales y no profesionales.

Parece interesante destacar la diferencia en la frecuencia de parpadeo entre no profesionales y profesionales del audiovisual en el visionado de la acción real. Este resultado sugiere que los profesionales no sólo parpadean de manera distinta en la percepción de las pantallas, sino también de la realidad. Estos datos invitan a seguir estudiando las diferencias en torno a la visión de los profesionales de la imagen, que no sólo les afectarían en lo que se refiere estrictamente a su trabajo.

Es importante tener en cuenta que la cuarta hipótesis de esta investigación también será estudiada con otros criterios relativos al análisis de las otras variables dependientes de esta tesis, que se presentan en los siguientes apartados.

5.2. Desincronización del ritmo mu

El análisis del ritmo mu fue llevado a cabo con EEGLAB (Delorme & Makeing, 2004) sobre MATLAB (The MathWorks, Inc.). De los 50 sujetos que participaron en esta investigación, para el análisis de la supresión del ritmo mu se seleccionaron un total de 20 participantes: 10 profesionales del audiovisual y 10 no profesionales de audiovisual.

Antes de comenzar a exponer los resultados, voy a explicar brevemente la estructura de la presentación de los mismos. En primer lugar, se muestran los resultados, tal y como en el apartado anterior, vinculados a las variables independientes de esta investigación. En segundo lugar, hay que destacar que para el análisis de esta investigación, tal y como se ha explicado en el apartado de *Materiales y métodos*, se ha trabajado tanto con electrodos como con *clusters* de componentes. Los resultados de los primeros ofrecen un sistema de análisis de datos en función de electrodos de registro de electricidad en el cerebro. Los resultados de los componentes, por su parte, ofrecen la posibilidad de llevar a cabo un análisis de las señales eléctricas cerebrales más sofisticado y actual, a partir de la agrupación de distintas fuentes.

Se trabaja por componentes (Makeig & Onton, 2009), bajo la hipótesis de la interconectividad neuronal (Hawkins & Blakeslee, 2004). Este planteamiento postula que las redes neuronales trabajan coordinadas y que es conveniente tenerlo presente en el análisis de los registros de sus comportamientos. Para ello, el estudio de agrupaciones o *clusters* de componentes (obtenidos a través del ICA) y agrupados con criterios de localización topográfica, de ritmo y de fuerza, es un método que se está abriendo paso en los últimos años entre la comunidad científica.

En el presente apartado, presentaremos, pues, los resultados tanto a través del análisis de los electrodos vinculados a la zona del córtex motor (C3, Cz y C4) de nuestro registro y a los *clusters* de componentes realizados por el investigador ad hoc para este estudio, correspondientes a localizaciones situadas en torno a este córtex.

En ambos casos, electrodos y *clusters*, se presentarán los datos en función de perturbaciones espectrales, ERSPs, explicadas anteriormente en esta investigación, así como comparativas de poder espectral.

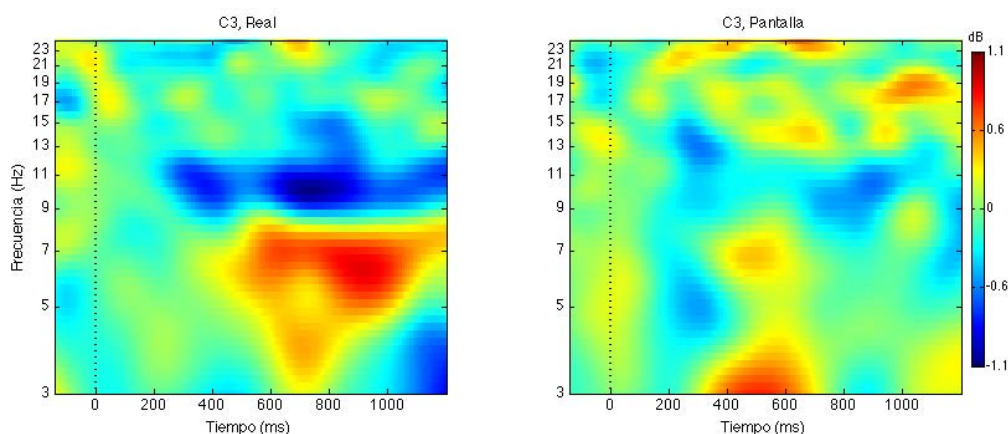
5.2.1. La desincronización del ritmo mu según el tipo de estímulo

Este apartado presenta los resultados encontrados sobre la desincronización del ritmo mu en función del tipo de estímulo, es decir, las diferencias existentes al respecto, entre ver las pantallas y ver la realidad. Las diferencias significativas en función el tipo de estímulo han sido realizadas tomando como punto 0 del fragmento de análisis o *epoch* el inicio de la acción de agarrar. En el apartado de *Materiales y métodos* ha quedado redactado exhaustivamente cómo se ha llevado a cabo esta comparativa, pero cabe recordar que el 0 en el tiempo se corresponde con dicho inicio de la acción de agarrar, en este caso.

En total, se contabilizan 24 acciones de agarrar en cada uno de los dos estímulos estudiados en este apartado: representación teatral de la acción real y video en plano secuencia a través de una pantalla. Se ha trabajado con un total de 20 sujetos, 10 profesionales y 10 no profesionales del audiovisual.

Los resultados de las perturbaciones espectrales en torno a los electrodos del área motora, los podemos observar en los ERSPs de C3 y C4 (figs. 45a y 45b, respectivamente). Estos nos indican la aparición de una interesante desincronización del ritmo mu en el estímulo real (la representación teatral) en C3 en las frecuencias de entre 8-12 Hz, desde los 300 ms después del inicio de la acción agarrar, que se mantiene, de manera más o menos intensa, durante 1 segundo. Esta desincronización de las frecuencias, no se encuentra, sin embargo, de manera continua en la pantalla. En el caso de C4, destaca una mayor activación en frecuencias bajas (3-5 Hz) en el visionado del estímulo en plano secuencia a través de pantalla. Si bien es una activación interesante, y puede significar un proceso de comprensión y atención visual, esta no estaría necesariamente asociada a las frecuencias del ritmo mu.

a



b

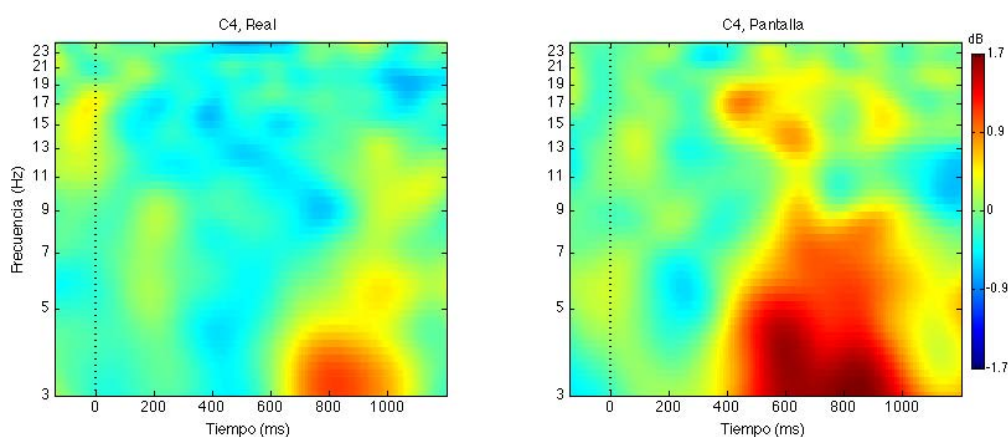


Figura 45. ERSPs de la desincronización del ritmo mu en acción real frente a pantalla en C3 y C4. El punto 0 marca el inicio de la acción de agarrar. Se trata de un promedio de 24 acciones de agarrar en un total de 20 sujetos. a: resultados del electrodo C3 en los 20 sujetos. b: resultados del electrodo C4 en los 20 sujetos. Fuente: elaboración propia.

Comparando las diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de estímulos (realidad y pantalla), en cada uno de los dos electrodos analizados (C3 y C4) podemos encontrar interesantes resultados (tabla 12), no necesariamente visibles en la representación visual del ERSP (Onton & Makeig, 2006).

La tabla 12 muestra una diferencia estadísticamente significativa entre realidad y pantalla en las frecuencias de 15 a 20 Hz, aproximadamente, y en torno a los 800-960 ms posterior al inicio de la acción agarrar, en torno a C3. Los resultados de C4 presentan una diferencia en las frecuencias bajas de mu, en torno a los 12 Hz, pasados entre 470 y 540 ms después del inicio de la acción. A los 700 ms, hay diferencias significativas en frecuencias superiores a 20 Hz. Será interesante en posteriores estudios, estudiar la banda de frecuencias gamma.

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
C3	17 Hz	804	(19)=2.209	0.039*
C3	19 Hz	832	(19)=2.881	0.009**
C3	20 Hz	880	(19)=2.880	0.009**
C3	15 Hz	926	(19)=2.126	0.046*
C3	18 Hz	956	(19)=2.182	0.041*
C4	12 Hz	472	(19)=-2.254	0.036*
C4	12 Hz	538	(19)=-2.236	0.037*
C4	22 Hz	710	(19)=-2.216	0.039*
C4	25 Hz	738	(19)=-3.055	0.006**

Tabla 12. Valores significativos seleccionados de las diferencias en la narrativa con acciones de agarrar integradas, en la acción real y en pantalla (plano secuencia), en C3 y C4. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05 , diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01 , diferencia estadísticamente muy significativa.

De algún modo, encontramos que sí existen diferencias en la desincronización del ritmo mu, y con ello, podríamos proponer diferencias en el grado de percepción de la realidad del estímulo, en la percepción de acciones vinculadas a “agarrar” entre percibir las a través de una pantalla o en un entorno real. Sucediendo que la realidad provoca una mayor inhibición del ritmo mu, asociado a la empatía y las neuronas espejo, que el visionado a través de pantallas audiovisuales. Estos resultados deberían añadirse como respuesta a la hipótesis primera de esta investigación que planteaba la existencia de diferencias en la percepción de un mismo estímulo en la realidad o a través de una pantalla audiovisual. Esto es coherente con estudios que han investigado diferencias en la supresión entre la observación y ejecución de acciones (Muthukumaraswamy et al., 2004).

Por otro lado, si atendemos al poder espectral promediado de los electrodos C3, Cz y C4 (fig. 46) en los dos casos que se analizan, acción real frente a video, encontramos que la diferencia entre ambas condiciones también es significativa en las frecuencias bajas, entre los 2 y los 10 Hz. Estaríamos hablando de diferencias de poder espectral significativas en theta y en las frecuencias en las que se sitúa a mu bajo.

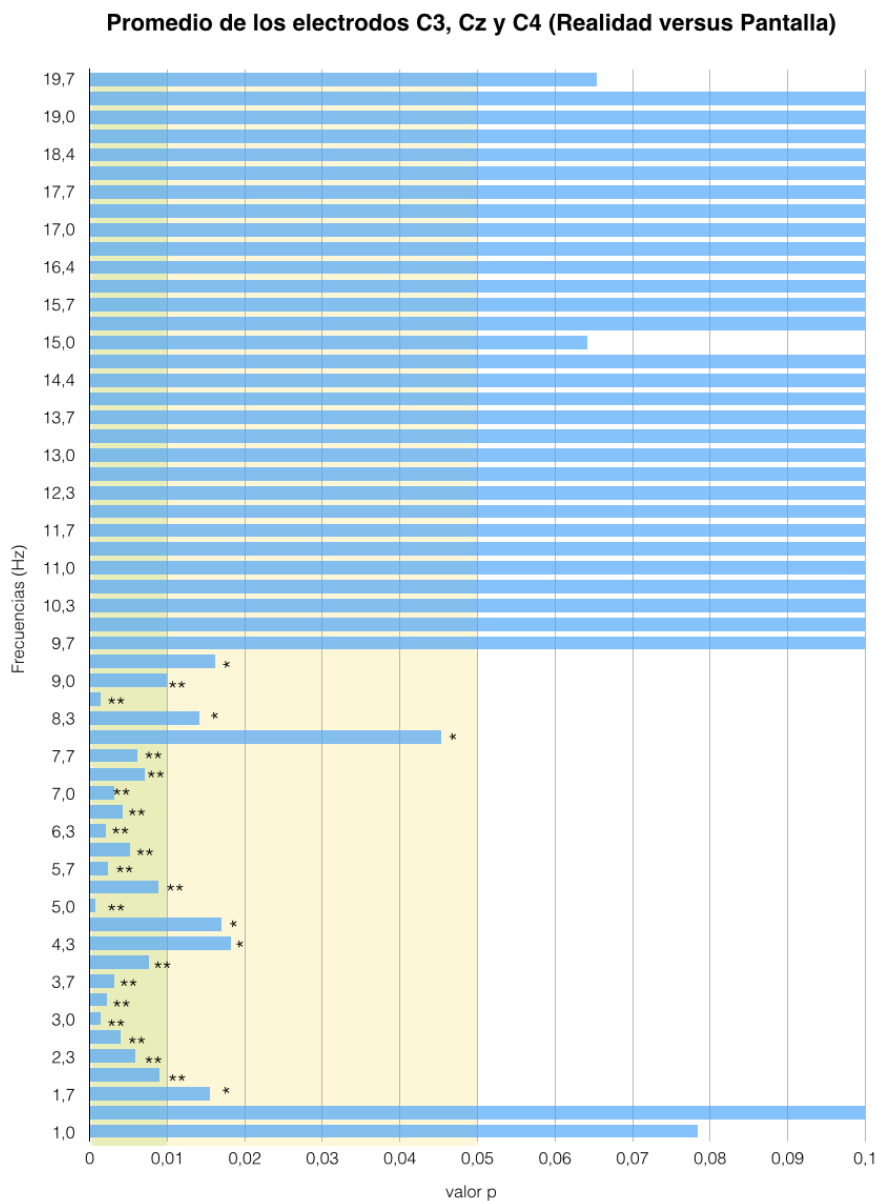


Figura 46. Comparativa de poder espectral en un promedio de C3, Cz y C4, en la condición de tipo de estímulo: realidad versus pantalla. Se destacan los valores de p estadísticamente significativos. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

Expuestos los resultados obtenidos con los electrodos correspondientes a las áreas centrales izquierda y derecha (con el análisis de C3 y C4, respectivamente), se procede a presentar los resultados alcanzados a través de los *clusters* de componentes diseñados ad hoc para esta investigación. En primer lugar, se expone el *cluster* a (fig. 47), correspondiente al área de mu izquierdo (zona de C3) y se presentan los resultados correspondientes a las

perturbaciones espectrales alcanzadas (fig. 48). A continuación, se caracteriza el *cluster* b (fig. 49), del área de mu derecho (zona de C4), y se muestran los resultados alcanzados (fig. 50).

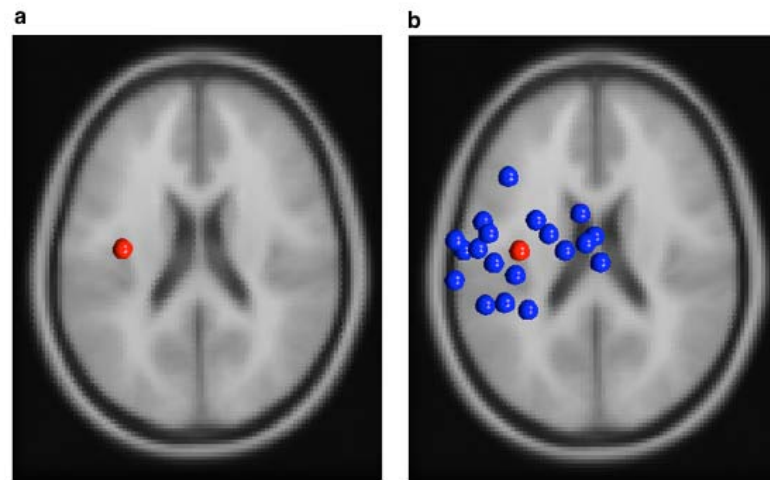


Figura 47. Caracterización del *cluster* a. El *cluster* se ha realizado para estudiar el área central izquierda, en el análisis en función del estímulo. El *cluster* está compuesto por 19 componentes. a: Media de las 19 localizaciones de las fuentes de dipolos en torno a mu izquierdo (zona de C3). b: Los 19 componentes del *cluster*. Fuente: elaboración propia.

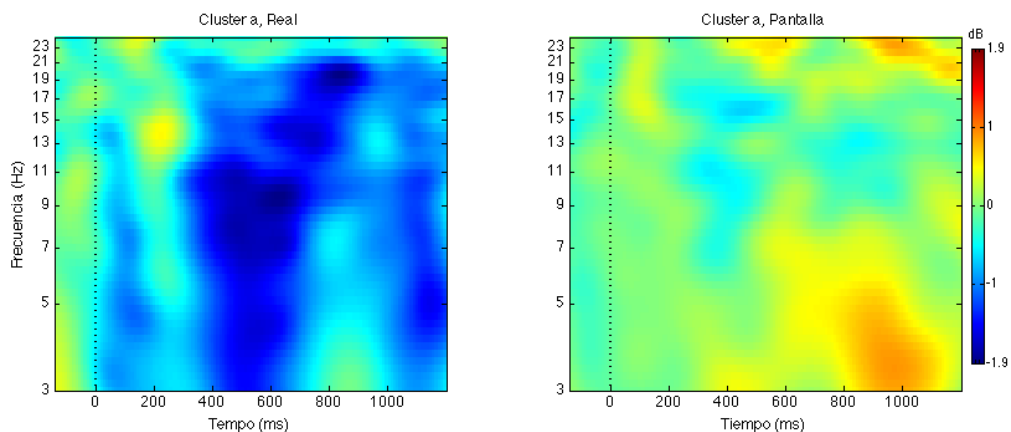


Figura 48. ERSP del *cluster* a, de la desincronización del ritmo mu en la comparación de acción real frente a pantalla. El punto 0 indica la acción de agarrar. Se trata de un promedio de 24 acciones de agarrar en un total de 20 sujetos. Se han utilizado un total de 19 componentes independientes. Fuente: elaboración propia.

La desincronización del ritmo mu en las áreas sensoriomotora y premotora izquierda (ver caracterización utilizada en fig. 47) se presenta de manera más evidente en el estímulo real frente a la pantalla (fig. 48). Esta se produce alrededor de 400-500 ms después de haber sido iniciado el movimiento de agarrar. Esta desincronización acontece en las frecuencias de 3 a 18 Hz, en el caso del estímulo real, siendo en las próximas a los 10 Hz las más destacables. A los 1000 ms del inicio de la acción agarrar, se presenta también en el caso de la acción real una desincronización desde las frecuencias más bajas de en torno a 3 Hz hasta las frecuencias de 21 Hz.

En el área sensoriomotora derecha (ver caracterización utilizada en fig. 49) se aprecia una desincronización también superior en el estímulo real frente a la pantalla (fig. 50). Los tiempos y las frecuencias en los que dicha desincronización se produce son, también, alrededor de los 400-500 ms y de los 1000 ms después del inicio de la acción de agarrar, en frecuencias desde los 3 Hz hasta los 15 Hz.

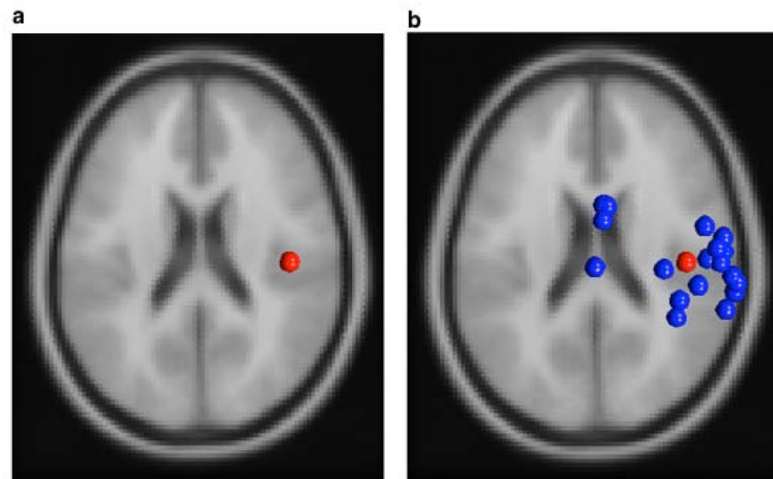


Figura 49. Caracterización del *cluster* b. Este *cluster* se ha realizado para estudiar el área sensoriomotora derecha, en el análisis en función del estímulo. El *cluster* está compuesto por 18 componentes. a: Media de las 18 localizaciones de las fuentes de dipolos en torno a mu derecho (zona de C4). b: Los 18 componentes del *cluster*. Fuente: elaboración propia.

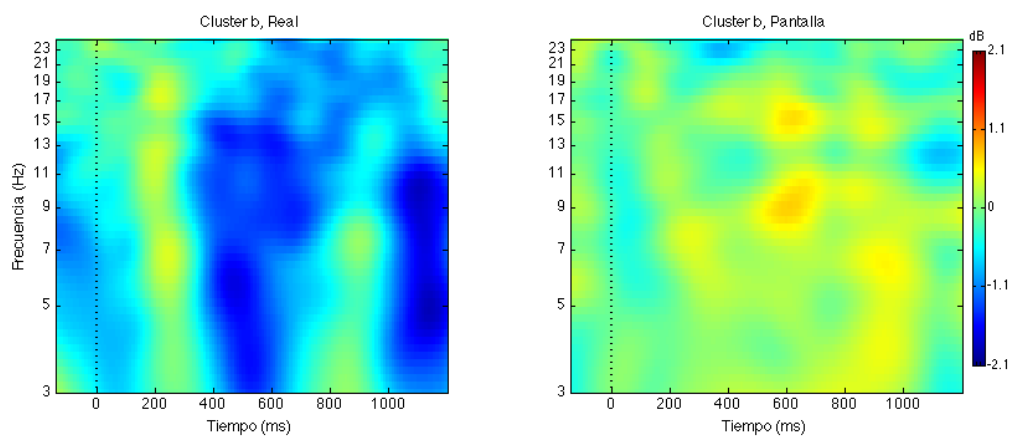


Figura 50. ERSP del *cluster* b, de la desincronización del ritmo mu en la comparación de acción real frente a pantalla. El punto 0 indica la acción de agarrar. Se trata de un promedio de 24 acciones de agarrar en un total de 20 sujetos. Se han utilizado un total de 18 componentes independientes. Fuente: elaboración propia.

Si estudiamos en los dos *clusters* las diferencias estadísticamente significativas en cada tipo de estímulo, podemos encontrar valores destacables en torno a los 500 ms después de haber sido iniciada la acción de agarrar, tanto en la región central izquierda como en la derecha (tabla 13).

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
a	10 Hz	56	(18)=-2.748	0.013*
a	10 Hz	74	(18)=-2.955	0.008**
a	14 Hz	94	(18)=-2.478	0.023*
a	19 Hz	462	(18)=-2.309	0.032*
a	20 Hz	568	(18)=-2.4	0.027*
a	16 Hz	662	(18)=-2.329	0.031*
a	17 Hz	746	(18)=-2.402	0.027*
b	22 Hz	510	(17)=-2.134	0.047*
b	23 Hz	586	(17)=-2.917	0.009**
b	23 Hz	642	(17)=-2.92	0.009*
b	25 Hz	728	(17)=-2.589	0.019*

Tabla 13. Valores significativos seleccionados de las diferencias en la narrativa con acciones de agarrar integradas, en la acción real y en pantalla (plano secuencia), en los *clusters* a (19 componentes) y b (18 componentes). Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

Los resultados significativos en el *cluster* a (tabla 13) indican una diferencia de desincronización significativa entre los 50 y los 100 ms en frecuencias de 10-14 Hz, después de haberse iniciado la acción de agarrar. También se observa una diferencia en las frecuencias de 16-20 Hz que se mantiene durante unos 300 ms, y que tiene su origen a los 450 ms de haberse iniciado la acción de agarrar. El *cluster* b muestra una diferencia significativa, que si bien no se encuentra entre las frecuencias de mu ya que acontece a más de 20 Hz, se muestra también pasados 500 ms del inicio de la acción y se mantiene durante alrededor de 250 ms en el tiempo.

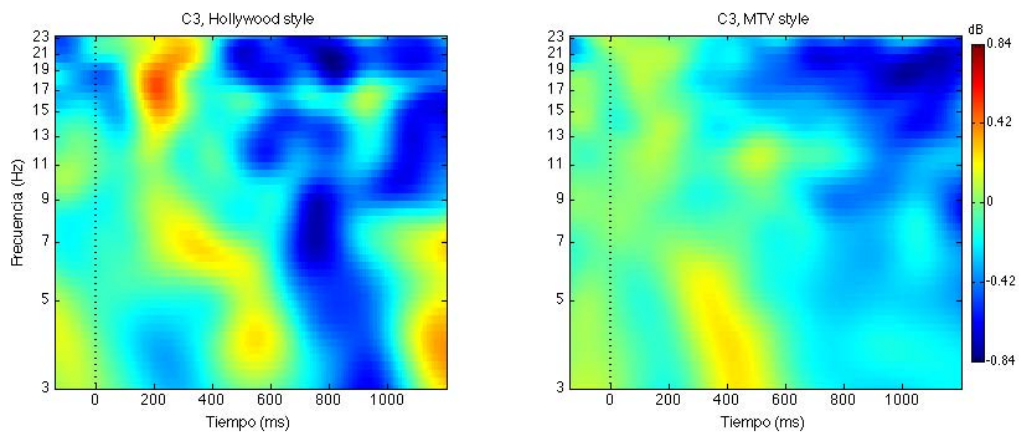
Podemos comprobar que sí existe cierta tendencia, de interés estadístico, de mayor desincronización del ritmo mu en el estímulo real frente a la pantalla. Si bien los resultados presentan matices en torno al área de estudio izquierda o derecha, deben ser analizados en el

contexto de la primera hipótesis de esta investigación, las diferencias en los procesos de observación de imagen real y pantallas.

5.2.2. La desincronización del ritmo mu según el tipo de montaje

A continuación se presentan los resultados de la desincronización del ritmo mu según el tipo de montaje, siendo analizados los montajes según el *Hollywood style* y según el *MTV style*. En este análisis, el punto 0 del *epoch* o fragmento de estudio, es el cambio de plano. Tal y como se explica en el apartado de *Materiales y métodos*, el 0 en el tiempo en esta comparación se corresponde con cada corte de plano (33 planos en el estímulo *Hollywood style* y 79 planos en el estímulo *MTV style*). Atendiendo al análisis comparativo en los electrodos C3 y C4 encontramos los siguientes resultados:

a



b

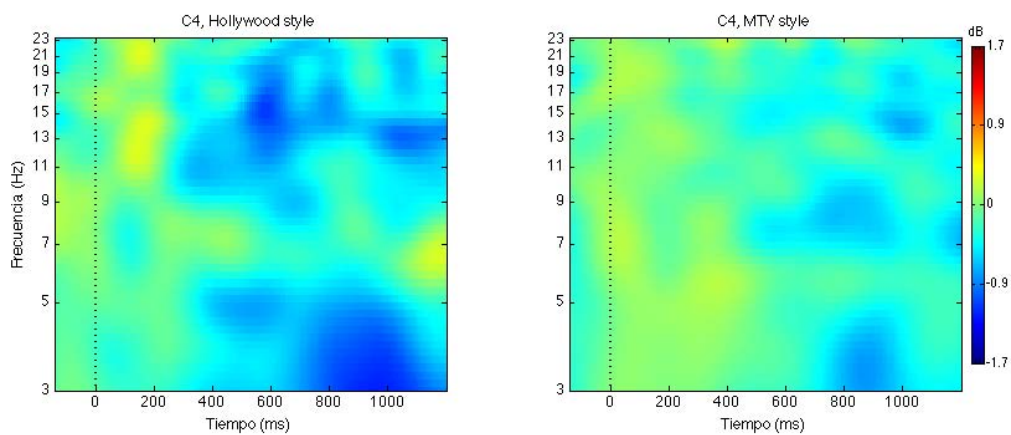


Figura 51. ERSPs de la desincronización del ritmo mu en los montajes según *Hollywood style* y *MTV style* en C3 y C4. El punto 0 marca el corte de plano. Se promedian los 33 planos del estímulo con montaje según *Hollywood style* y los 79 planos del estímulo con montaje según *MTV style*, en un total de 20 sujetos. a: resultados obtenidos en C3. b: resultados obtenidos en C4. Fuente: elaboración propia.

Las perturbaciones espectrales del estímulo con montaje *Hollywood style* acontecidas en C3 (fig. 51a) próximas a los 900 ms indican una ligera desincronización en frecuencias bajas y medias. Esta ligera desincronización no se presenta en la totalidad de las frecuencias en el caso del estímulo con montaje según *MTV style*. En ese caso, la ligera desincronización parece acontecer únicamente a frecuencias de entre 15-22 Hz aproximadamente.

En el caso de C4 (fig. 51b), se aprecia una desincronización en frecuencias alrededor de los 13 Hz en el montaje según *Hollywood style*, que no se produce en el montaje de *MTV style*.

De manera general, y apreciando la figura 51, se podría decir que el montaje según *Hollywood style* provoca una mayor desincronización del ritmo mu frente al montaje según el *MTV style*. Si realizamos una comparativa estadística (tabla 14) entre el montaje *Hollywood style* y el *MTV style* en cada electrodo (C3 y C4), encontramos que en C3 no se encuentran diferencias significativas entre los dos tipos de montaje en las frecuencias que son de interés para esta investigación. En el caso de C4, encontramos a los pocos milisegundos del cambio de plano (35-95 ms), diferencias entre los tipos de montaje, acontecidas a 20 Hz. Estas diferencias son poco duraderas en el tiempo (unos 60 ms). A los 1150 ms, se detecta una diferencia entre ambos estímulos, también en las frecuencias alrededor de 20 Hz.

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
C4	20 Hz	36	(19)=-2.908	0.009**
C4	20 Hz	94	(19)=-2.157	0.044*
C4	20 Hz	1154	(19)=2.111	0.048*
C4	18 Hz	1192	(19)=2.224	0.038*
C4	20 Hz	1202	(19)=2.97	0.007**

Tabla 14. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en C4. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

En cuanto al poder espectral de los electrodos C3, Cz y C4 (fig. 52) en los dos casos estudiados: montaje según *Hollywood style* y según *MTV style*, encontramos que las diferencias del mismo se producen en las frecuencias de 1-10 Hz, en las frecuencias de alrededor de los 12

Hz y, más puntualmente a los 17 y 19 Hz. Estos resultados, obtenidos a partir de un promedio de los tres electrodos del montaje realizado correspondientes al área central, indican puntuales diferencias entre el poder espectral acontecido después de un corte de plano entre los dos tipos de montaje analizados.

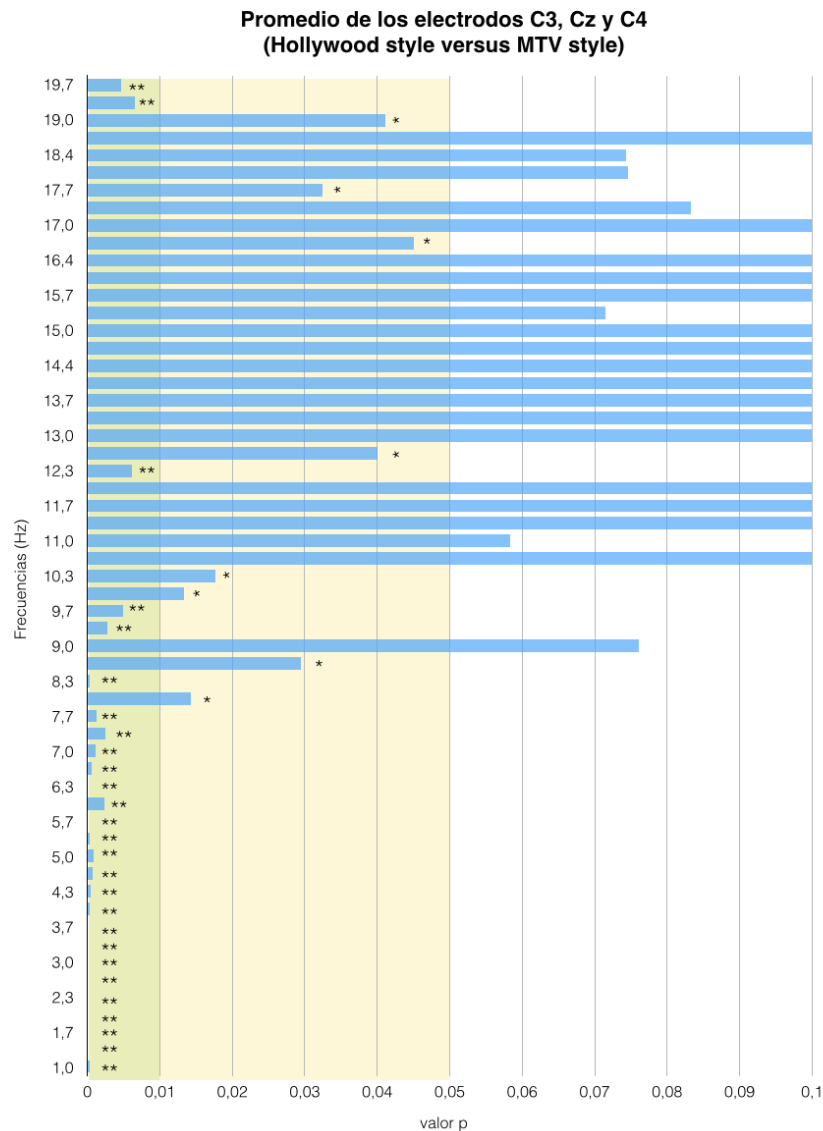


Figura 52. Comparativa de poder espectral en un promedio de C3, Cz y C4, en la condición de tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Se destacan los valores de p estadísticamente significativos. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

Con todo ello, podríamos comprobar que si bien resulta de interés las diferencias de poder espectral acontecidas en toda el área central a partir de los electrodos C3, Cz y C4, si atendemos a los resultados independientes de electrodos en lo que a perturbación espectral se

refiere, las diferencias no son tan interesantes, desde un punto de vista estadístico. Por ello, parece que la hipótesis 3 de esta investigación que postula una diferencia de procesos cerebrales según el montaje cinematográfico, no parece estar, por el momento, confirmada con rotundidad. Los cambios sutiles pueden reflejar procesos de continuidad perceptiva en los cambios de plano en varias áreas cerebrales, aquí no discriminadas con la definición espacial del EEG. Es interesante la no bilateralidad de los efectos sutiles observados.

Conocidos los resultados obtenidos con los electrodos correspondientes a la zona sensoriomotora, veamos los alcanzados a través de los *clusters* de componentes. En el *cluster c* (fig. 53), se presenta la agrupación de 23 componentes alrededor de mu izquierdo. En el *cluster d* (fig. 55), se agrupan 17 componentes independientes en torno a mu derecho.

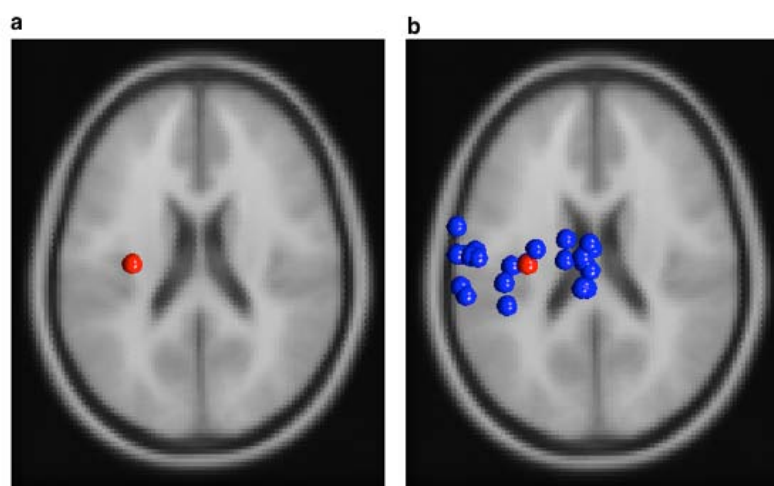


Figura 53. Caracterización del *cluster c*. Este cluster se ha realizado para estudiar el área sensoriomotora izquierda, en el análisis en función del montaje. El cluster está compuesto por 23 componentes. a: Media de las 23 localizaciones de las fuentes de dipolos en torno a mu izquierdo (zona de C3). b: Los 23 componentes del *cluster*. Fuente: elaboración propia.

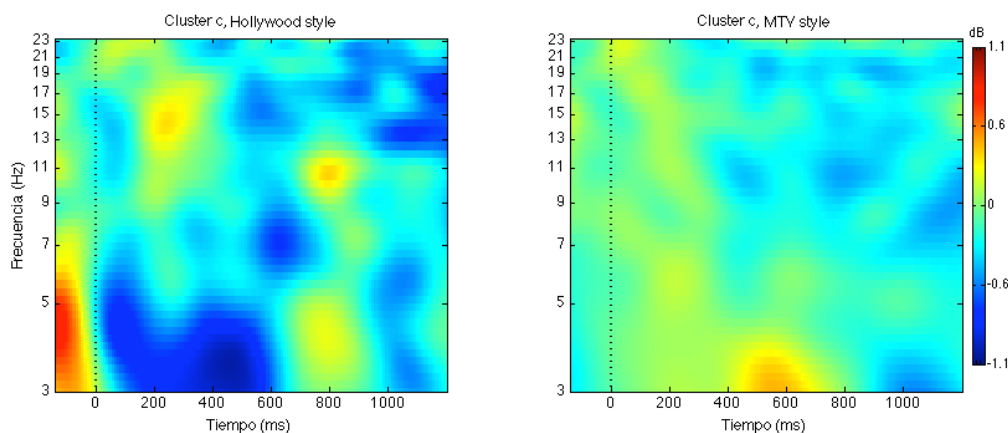


Figura 54. ERSP del *cluster c*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación en función del tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. El punto 0 indica el corte de plano. Se han utilizado un total de 23 componentes independientes. Fuente: elaboración propia.

Tanto las perturbaciones espectrales del *cluster c* (fig. 54) como del *cluster d* (fig. 56), correspondientes a las áreas somatosensorial izquierda y derecha respectivamente, nos muestran interesantes desincronizaciones de las frecuencias de mu bajo e inferior (alrededor de 3-7 Hz, en el caso del izquierdo, y 3-10 Hz, en el caso del derecho) que se inician a los pocos milisegundos de haberse producido el corte de plano, en el estímulo con montaje de *Hollywood style*. Estas desincronizaciones no se aprecian, sin embargo en los montajes según el estilo de edición *MTV style*. Esto coincide con los resultados obtenidos a partir de los electrodos (fig. 51), en los que el montaje con *Hollywood style* provoca una mayor perturbación en el espectro que con *MTV style*.

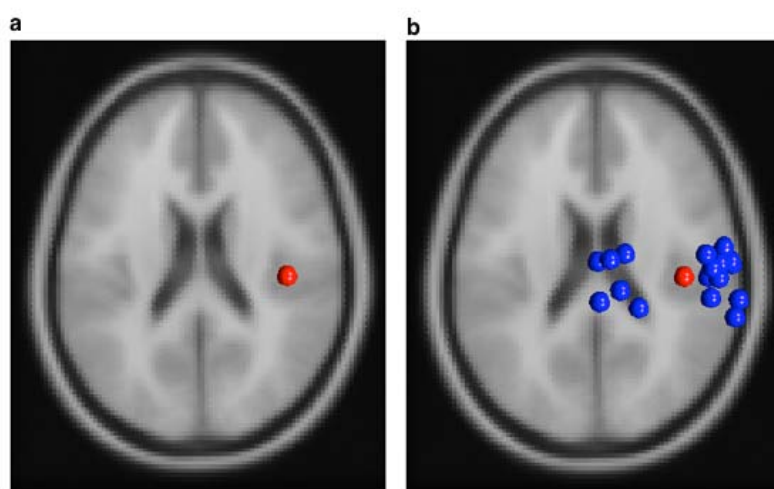


Figura 55 Caracterización del *cluster d*. Se ha realizado este *cluster* para estudiar el área sensoriomotora derecha, en el análisis en función del montaje. El *cluster* está compuesto por 17 componentes. a: Media de las 17 localizaciones de las fuentes de dipolos en torno a mu derecho (zona de C4). b: Los 17 componentes del *cluster*. Fuente: elaboración propia.

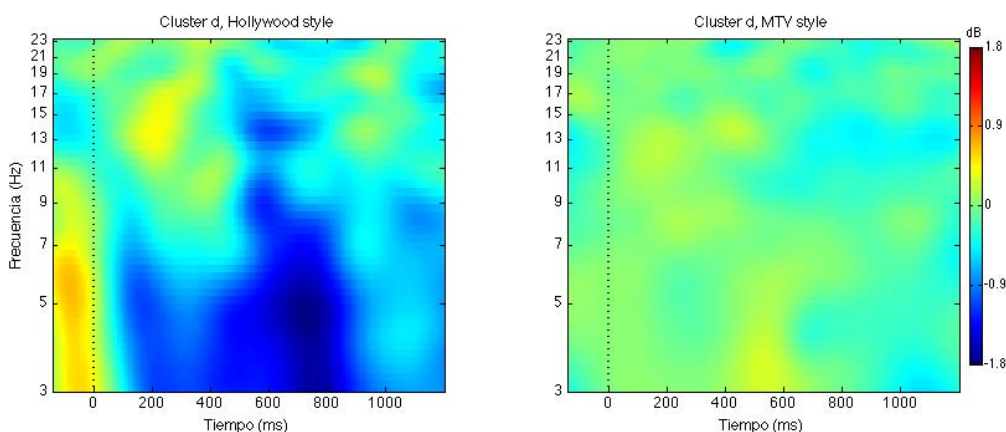


Figura 56. ERSP del *cluster d*, de la desincronización del ritmo mu en la comparación en función del tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. El punto 0 indica el corte de plano. Se han utilizado un total de 17 componentes independientes. Fuente: elaboración propia.

En la comparativa estadística entre montajes (tabla 15), encontramos que el *cluster c* (correspondiente al área central izquierda) muestra una diferencia de desincronización en las frecuencias de mu (9-12 Hz), que se mantiene durante aproximadamente 150 ms a los 60 ms de haberse producido un cambio de plano. En el *cluster d* (área central derecha) acontece un comportamiento similar en las frecuencias de entre 9 y 20 Hz, desde los 94 a los 178 milisegundos desde el corte de plano. En la tabla 15, se destacan algunos de estos valores. En este *cluster d* también encontramos diferencias a los 600-700 ms, en frecuencias de 13 a 19 Hz.

Cluster	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
c	12 Hz	66	(22)=-2.261	0.033*
c	11 Hz	122	(22)=-3.269	0.003**
c	10 Hz	178	(22)=-3.017	0.006**
c	9 Hz	216	(22)=-2.172	0.04*
d	10 Hz	94	(16)=-2.183	0.044*
d	9 Hz	142	(16)=-2.428	0.027*
d	20 Hz	178	(16)=-2.274	0.037*
d	13 Hz	188	(16)=-2.211	0.041*
d	14 Hz	604	(16)=-2.279	0.036*
d	16 Hz	700	(16)=-2.244	0.039*

Tabla 15. Valores significativos seleccionados de las diferencias en los distintos tipos de montajes (*Hollywood style* y *MTV style*), en el *cluster c* (23 componentes) y el *cluster d* (17 componentes). Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

Si bien los datos correspondientes a los electrodos no presentan con claridad una diferencia estadísticamente significativa entre los dos tipos de montajes analizados, parece que el análisis a partir de agrupaciones de componentes sí presenta diversas diferencias en la desincronización de las frecuencias en torno al ritmo mu en función del montaje. Estos resultados deben ser tenidos en cuenta a la hora de dar respuesta a la tercera hipótesis de esta investigación, mostrando diferencias entre los distintos tipos de montaje.

Por otro lado, cabe tener en cuenta que este criterio de análisis a partir del cambio de plano es una propuesta novedosa de este trabajo. Hay pocos estudios sobre la influencia del cambio de plano en audiovisuales y se han hecho con fMRI (Magliano et al., 2011).

5.2.3. La desincronización del ritmo mu según el tipo de sujeto

Para el análisis de la desincronización del ritmo mu en función del tipo de sujeto, profesionales o no profesionales del audiovisual, se muestran los resultados de dos análisis distintos: en primer lugar, vinculados a la acción de agarrar; en segundo lugar, vinculados al corte de plano.

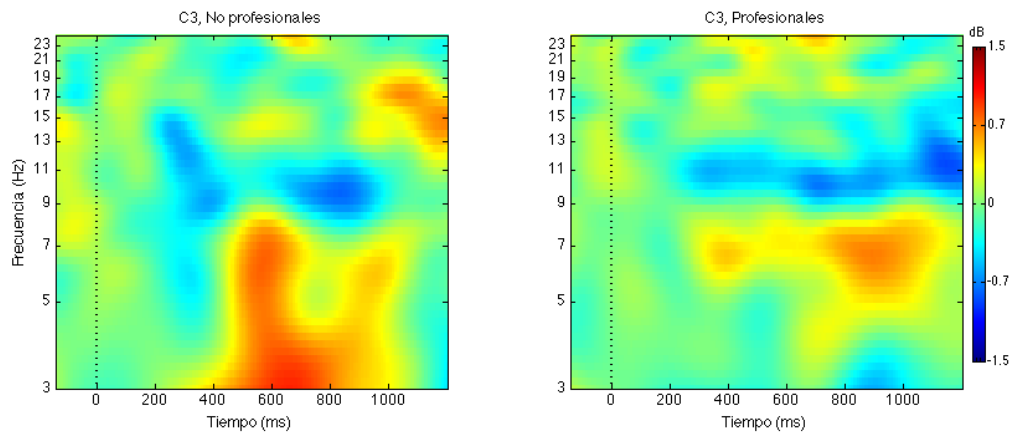
En esta ocasión no se tiene en cuenta ni el tipo de estímulo (real o video) ni el tipo de montaje (*Hollywood style* o *MTV style*) en el análisis, sino únicamente el tipo de sujeto. Se pretende conocer, pues, si existen diferencias entre los dos tipos de sujetos estudiados en las dos situaciones explicadas, acción de agarrar y cambio de plano, aproximándonos de esta manera a dar respuesta a la cuarta hipótesis de esta investigación.

5.2.3.1. Profesionales versus no profesionales en acción agarrar

Tal y como se ha explicado con anterioridad, en este análisis el punto 0 del tiempo se corresponde con el inicio de la acción agarrar. En este apartado se analizan si existen diferencias entre los profesionales y los no profesionales del audiovisual en la desincronización del ritmo mu al observar acciones de agarrar, independientemente del soporte (real o video) en el que las observen. Para ello, al igual que se ha llevado a cabo en los apartados anteriores, nos fijamos en los electrodos y los *clusters* del área central de los sujetos estudiados.

Atendiendo al análisis comparativo entre los sujetos en los electrodos C3 y C4 encontramos los siguientes resultados en sus ERSPs:

a



b

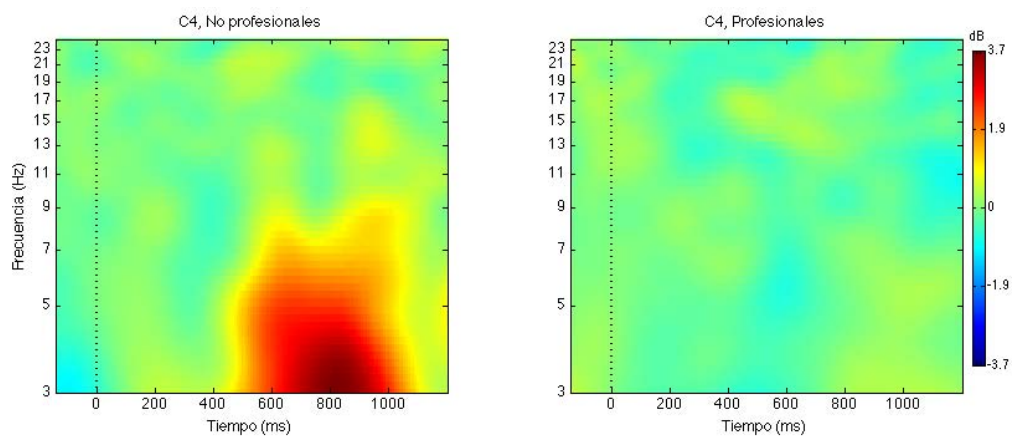


Figura 57. ERSPs de la desincronización del ritmo mu vinculada a la acción de agarrar en C3 y C4 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. El punto 0 marca el inicio del visionado de la acción agarrar. Están promediados los estímulos de acción real y de plano secuencia a través de pantalla en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. a: resultados obtenidos en C3. b: resultados obtenidos en C4. Fuente: elaboración propia.

En el caso de la acción agarrar, independientemente del tipo de estímulo en el que acontezca (realidad o pantalla), encontramos una ligera desincronización en el ritmo mu en C3 en ambos tipos de sujetos. Esta desincronización se mantiene en el tiempo de manera más estable entre los sujetos profesionales frente a los no profesionales (fig. 57a). En C4 (fig. 57b), sin embargo, no aparece dicha desincronización en ninguno de los grupos, dándose por otro lado, una interesante mayor sincronización en frecuencias bajas de entre 3-5 Hz entre los sujetos no profesionales, a los 600-1000ms de haberse iniciado la acción de agarrar.

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
C3	22 Hz	814	(9)=-2.293	0.047*
C3	22 Hz	870	(9)=-2.3	0.046*
C4	11Hz	500	(9)=2.262	0.049*
C4	12 Hz	576	(9)=2.551	0.031*
C4	11 Hz	642	(9)=2.4	0.039*
C4	10 Hz	842	(9)=2.942	0.016*
C4	8 Hz	908	(9)=2.401	0.039*

Tabla 16. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en C3 y C4. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05 , diferencia estadísticamente significativa.

Si realizamos un análisis comparativo estadístico entre profesionales y no profesionales, en C3, encontramos una diferencia puntual a los 800 milisegundos del inicio de la acción de agarrar a los 22 Hz. Esta diferencia es de apenas 60 milisegundos en dicha frecuencia. El resto de frecuencias no presentan resultados estadísticamente significativos. En C4 aparecen más diferencias significativas entre ambos grupos desde los 500 hasta los 900 milisegundos aproximadamente, a frecuencias bajas, de 5 a 14 Hz, encontrándose entonces mu. Esta diferencia, tal y como se aprecia en los datos de la tabla 16, es más duradera en el tiempo y abarca mayor cantidad de frecuencias, presentándose, por tanto, de manera más clara.

Si atendemos al poder espectral de los electrodos C3, Cz y C4 en los dos casos estudiados: acción real frente a video, encontramos que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de sujetos (t-test).

Conocidos los resultados de los electrodos de las regiones centrales, se muestran los alcanzados a través de los *clusters* de componentes. En este punto, se trabaja con los *clusters* a y b, caracterizados en las figuras 47 y 49, respectivamente. Por ello, se procede a presentar los resultados obtenidos sin repetir la caracterización de los mismos.

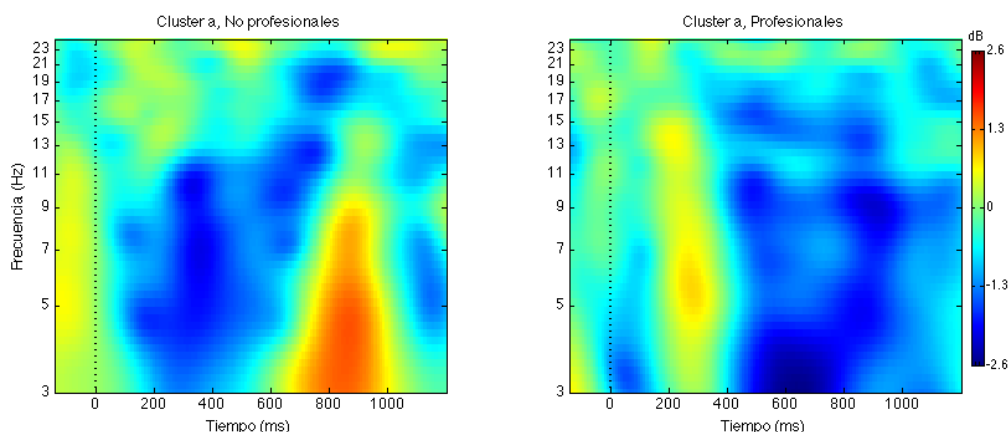


Figura 58. ERSP del *cluster a*, de la desincronización del ritmo μ vinculada a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca el inicio de la acción agarrar. Están promediados los estímulos de acción real y de plano secuencia a través de pantalla en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster a* se encuentra caracterizado en la figura 48. Fuente: elaboración propia.

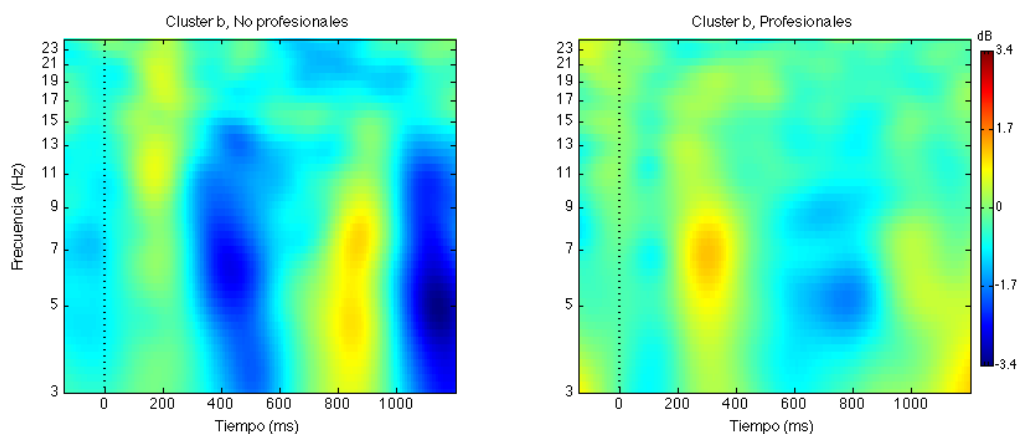


Figura 59. ERSP del *cluster b*, de la desincronización del ritmo μ vinculada a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca el inicio de la acción agarrar. Están promediados los estímulos de acción real y de plano secuencia a través de pantalla en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster b* se encuentra caracterizado en la figura 49. Fuente: elaboración propia.

Trabajando con *clusters* de componentes independientes, se encuentra que en el área central izquierda (fig. 58), la desincronización en frecuencias en torno a μ (alrededor de los 10 Hz) aparece antes en el tiempo en los sujetos no profesionales que en los sujetos profesionales. El grupo de los sujetos no profesionales presenta una desincronización a los 180 ms aproximadamente de haberse iniciado la acción de agarrar, mientras que los profesionales muestran esta desincronización a los 400 ms. En el área derecha (fig. 59), esta desincronización se produce de manera clara en el grupo de los no profesionales a los 380 ms de haber iniciado la acción de agarrar y se repite a los 1050 ms aproximadamente, sin que ello se produzca en el grupo de los profesionales.

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
a	16 Hz	302	(15)=-2.213	0.043*
a	19 Hz	350	(15)=-2.178	0.045*
a	8 Hz	794	(12)=2.317	0.038*
a	14 Hz	880	(15)=2.425	0.027*
b	19 Hz	320	(13)=-2.314	0.036*
b	20 Hz	396	(13)=-2.328	0.035*
b	10 Hz	756	(13)=2.572	0.023*
b	12 Hz	794	(14)=3.025	0.009**
b	14 Hz	1078	(15)=-2.443	0.027*
b	12 Hz	1144	(14)=-3.11	0.007**
b	11 Hz	1192	(14)=-2.871	0.011*

Tabla 17. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en los *clusters* a y b. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

A los 300 ms, en frecuencias de 15-22 Hz, encontramos diferencias entre los grupos analizados, en el *cluster* correspondiente a la área central izquierda de los sujetos (tabla 17). Entre los 750 y los 900 ms, hay diferencias entre los grupos a frecuencias de 7-17 Hz, alcanzando los 20 Hz en los últimos 60 ms de este fragmento temporal. En el área derecha (seguimos con tabla 17), encontramos diferencias a los 300-400 ms en frecuencias de 17 Hz y por encima de 25 Hz. Entre los 700-850 ms aparecen diferencias en las frecuencias de 9-14 Hz. Además, a los 1000 ms aparecen diferencias más duraderas y amplias entre ambos grupos tanto en frecuencias bajas como en altas, apreciándose entre las frecuencias de 1-25 Hz.

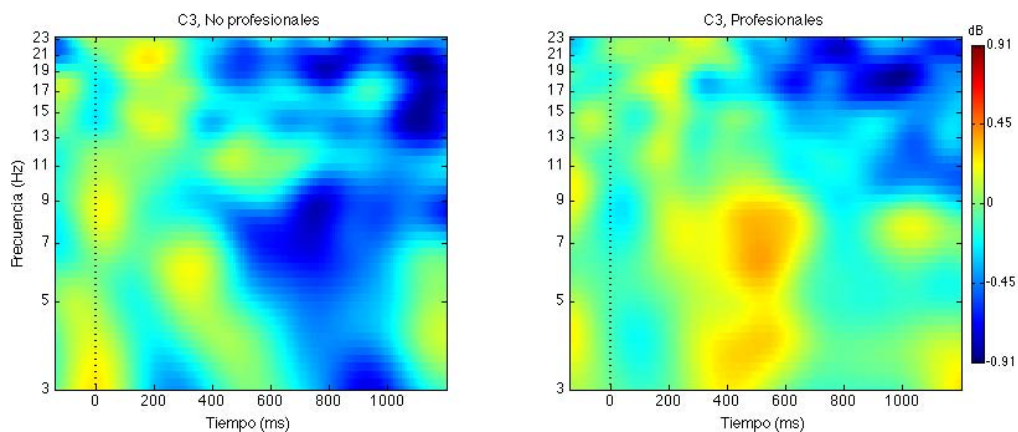
5.2.3.2. Profesionales versus no profesionales en cambio de plano

En este apartado, el punto 0 del tiempo de análisis se corresponde con el cambio de plano. Y, por tanto, las diferencias se centran en conocer si existe una desincronización de mu

diferente entre los profesionales del audiovisual y los no profesionales a los pocos milisegundos de haberse producido un corte de plano.

Atendiendo al análisis comparativo en los electrodos C3 y C4 encontramos los siguientes resultados:

a



b

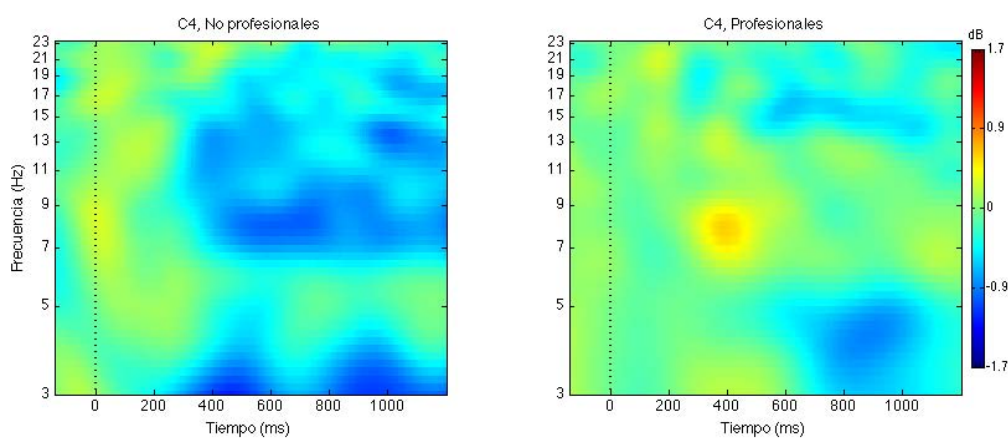


Figura 60. ERSPs de la desincronización del ritmo μ vinculada al corte de plano en C3 y C4 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. El punto 0 marca el cambio de plano. Están promediados los estímulos de montaje según *Hollywood style* y de montaje según *MTV style*, en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. a: resultados obtenidos en C3. b: resultados obtenidos en C4. Es llamativo la desincronización en la ilustración a, en torno a los 15-20 Hz, retrasada en el tiempo en ambos casos. Es posible que estemos viendo un eco de μ beta, habitualmente detectado solo mediante MEG, por su mayor sensibilidad frente al EEG (Jones et al., 2009). Fuente: elaboración propia.

En esta ocasión, los ERSPs muestran que los sujetos no profesionales presentan, tanto en C3 como en C4, mayores desincronizaciones y perturbaciones en el espectro que los sujetos profesionales. Si bien estas son leves en ambos casos.

Si prestamos atención a la tabla 18, vemos que en C3, hay diferencias entre los grupos de sujetos en frecuencias por encima de los 20 Hz, a los pocos milisegundos del corte de plano. Entre los 420 y los 700 milisegundos, las diferencias entre los sujetos se encuentran también en frecuencias alrededor de los 20 Hz, que vuelve a repetirse a los 940-1000ms. C4 presenta a los 320 milisegundos una diferencia en las frecuencias de alrededor de los 20 Hz, que se mantiene hasta los 680 ms. Siendo la última de esta mitad en frecuencias más elevadas, 23-28 Hz:

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
C3	21 Hz	28	(9)=3.889	0.003**
C3	23 Hz	66	(9)=3.063	0.013*
C3	22 Hz	426	(9)=-3.271	0.009**
C3	18 Hz	558	(9)=-2.578	0.029*
C3	20 Hz	700	(9)=-2.375	0.041*
C3	21 Hz	974	(9)=-2.688	0.024*
C4	21 Hz	320	(9)=-3.354	0.008**
C4	20 Hz	426	(9)=-4.157	0.002**
C4	20 Hz	500	(9)=-2.41	0.039*

Tabla 18. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en C3 y C4. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05, diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01, diferencia estadísticamente muy significativa.

Si atendemos al poder espectral de los electrodos C3, Cz y C4 en los dos casos estudiados: acción real frente a video, encontramos que, tal y como sucedía en el caso de la comparativa entre sujetos en la acción agarrar, tampoco acontecen diferencias estadísticamente significativas en el mismo (t-test).

Por otro lado, a continuación, se muestran los resultados obtenidos a través de los *clusters* de los componentes. Aquí, se trabaja con los *clusters* c y d, caracterizados en las figuras 53 y 55, respectivamente. Se obvia, de nuevo, repetir la caracterización de dichos *clusters*, disponibles en las mencionadas figuras.

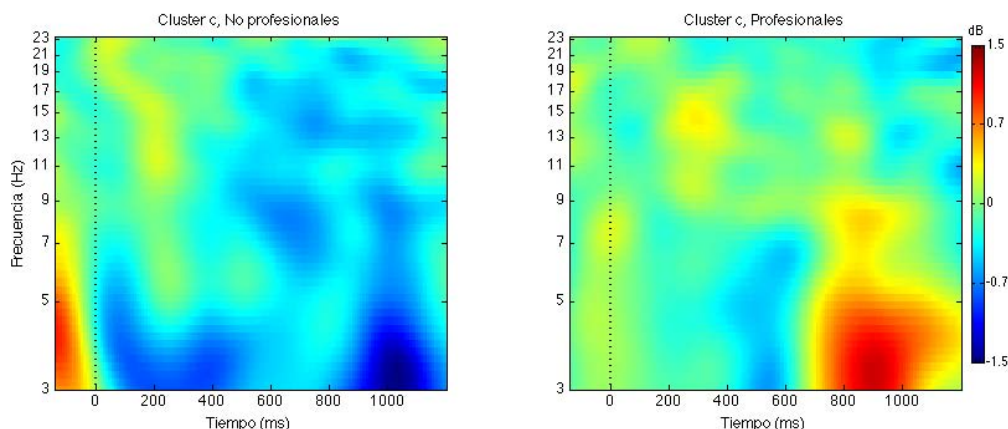


Figura 61. ERSP del *cluster c*, de la desincronización del ritmo mu vinculada al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca el cambio de plano. Están promediados los estímulos de video con montaje *Hollywood style* y video con montaje *MTV style*, en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster c* se encuentra caracterizado en la figura 53. Fuente: elaboración propia.

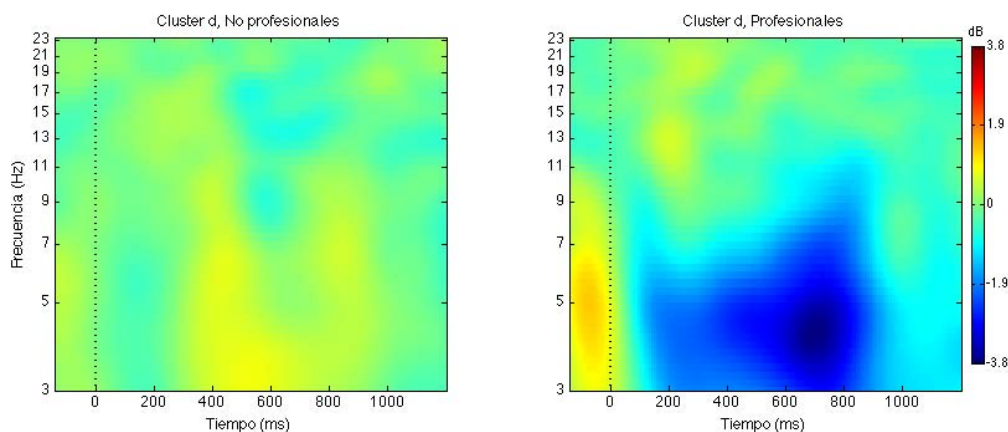


Figura 62. ERSP del *cluster d*, de la desincronización del ritmo mu vinculada al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca el cambio de plano. Están promediados los estímulos de video con montaje *Hollywood style* y video con montaje *MTV style*, en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster d* se encuentra caracterizado en la figura 55. Fuente: elaboración propia.

Si atendemos exclusivamente a las frecuencias vinculadas al ritmo mu, podemos comprobar en el *cluster* vinculado al área central izquierda (fig. 61), la desincronización se produce sólo en el grupo de los sujetos no profesionales, a partir de los 500 ms de haber acontecido el cambio de plano. Los sujetos profesionales, por su parte, presentan una activación ligera pero interesante en frecuencias bajas (3-5 Hz), a los 800 ms del cambio de plano, ya que precede una alta activación a esas frecuencias entre los 800 y los 1000 ms. Esto, sin embargo, no estaría vinculado al ritmo mu. En el área derecha (fig. 62), no se puede hablar de una clara desincronización de mu en ninguno de los dos grupos asociada al cambio de

plano. Sí se desincronizan las bajas frecuencias (3-8 Hz) no vinculadas a μ , entre los 200 y los 800 ms después del corte de plano.

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
c	10 Hz	84	(18)=-2.517	0.02*
d	10 Hz	680	(9)=2.848	0.02*
d	11 Hz	738	(9)=2.417	0.038*
d	19 Hz	794	(10)=2.36	0.039*

Tabla 19. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en los *clusters* c y d. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia.

* valor <0.05 , diferencia estadísticamente significativa.

** valor <0.01 , diferencia estadísticamente muy significativa.

Entre los valores seleccionados en la tabla 19, observamos que se detectan diferencias significativas en las frecuencias de entre 5-11 Hz, en la zona central izquierda, junto en los primeros milisegundos después del corte de plano, 60-150 ms. En el área derecha, aparecen diferencias significativas en torno a los 570 ms en frecuencias de 6-14 Hz, que se mantienen en el tiempo hasta los 850 ms, con un aumento de las frecuencias sobre las que se detectan dichas diferencias, alcanzando los 20 Hz.

A modo de resumen sobre la desincronización de μ en función del tipo de sujeto, podemos decir que existen diferencias perceptivas frente al visionado de la acción agarrar entre los distintos grupos de sujetos. Estas diferencias se aprecian tanto en los resultados con electrodos como con *clusters* y, por tanto, podría verse una cierta tendencia a distinguir entre grupos. Si analizamos los resultados alrededor del cambio de plano, observamos que las diferencias de interés estadístico en los electrodos C3 y C4 acontecen a frecuencias en torno a 20 Hz, y esto no estaría relacionado con el ritmo μ en el EEG. Si atendemos a los resultados de los *clusters* realizados en este mismo supuesto de corte de plano, sí encontramos puntuales diferencias en frecuencias de 10 Hz. Estas diferencias, sin embargo, son muy leves y se cree que se precisarían de más análisis que contrastaran estos resultados, presentando estímulos de cambio de plano más homogéneos en cuanto a criterios de saltos de espacio y tiempo, de manera independiente.

5.3. Córtex visual

El análisis correspondiente al córtex visual se llevó a cabo con los mismos criterios técnicos que el análisis del ritmo mu, explicado más arriba. En esta ocasión, los electrodos de interés están situados en zona occipital del cerebro, en la corteza visual. Los *clusters* de componentes, por su parte, también se diseñaron en torno al córtex visual de los 20 sujetos (10 profesionales y 10 no profesionales del audiovisual) cuyos EEGs se analizaron en esta parte del estudio. Para más explicaciones del registro y análisis llevado a cabo, consúltese el apartado de *Materiales y métodos* de la presente investigación.

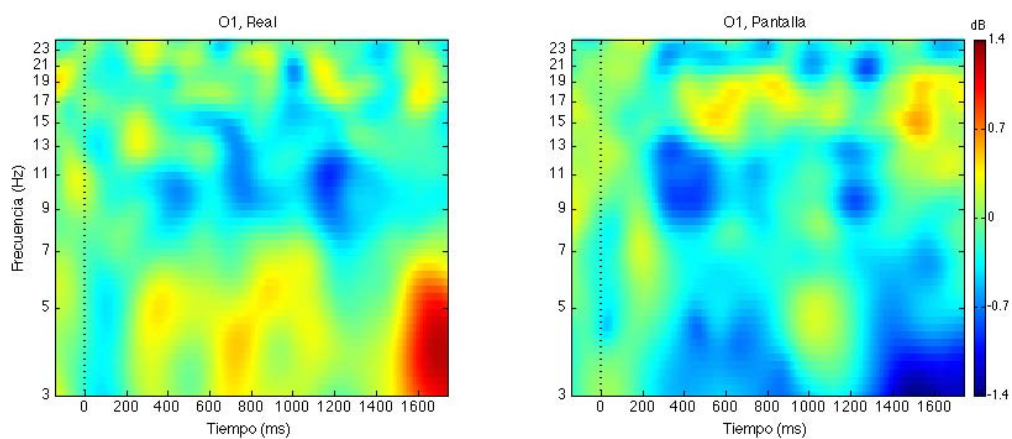
Se analizan, igual que en la sección anterior, electrodos y *clusters* creados ad hoc, de manera separada. En el caso de los electrodos, trabajamos con los occipitales O1 y O2. En el caso de los *clusters*, hemos trabajado con una amplia variedad de componentes detectados en torno al área de la visión. Se han probado dos *clusters*: uno correspondiente a la comparativa en función del tipo de estímulo (realidad y pantalla) y otro correspondiente al tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*). Al igual que pasara en el análisis del ritmo mu del apartado anterior, esta distinción en la presentación de resultados se corresponde con una distinción metodológica de análisis y agrupación de estímulos.

Se presentan los datos de perturbaciones espectrales, ERSPs, tal y como se hiciera en el apartado anterior, así como comparativas de poder espectral. Podemos destacar que, en el caso del análisis vinculado a la acción agarrar, se presentan los resultados en ventanas temporales superiores. El motivo es que, analizando los datos, se detectó que a los 1800 ms de haber iniciado la acción de agarrar acontecían diferencias destacables en las frecuencias más bajas que podrían ser tenidas en cuenta. Por este motivo, en este apartado, en los resultados vinculados a la acción agarrar (los correspondientes al tipo de estímulo –real o pantalla), las ventanas de trabajo se han aumentado hasta los 1800 ms para incluir y analizar este hecho.

5.3.1. El córtex visual según el tipo de estímulo

La activación del córtex visual en función del tipo de estímulo, una acción real (interpretación teatral) o pantalla (plano secuencia), se realiza alrededor de la acción de agarrar (línea 0 de *epoch*). Estos resultados muestran datos interesantes en el contexto de comprobar diferencias perceptivas de un mismo estímulo (acción agarrar) a través de realidad o pantallas. Sus resultados también pueden ser comprendidos y analizados junto a los correspondientes a la zona premotora del apartado *La desincronización del ritmo mu según el tipo de estímulo*.

a



b

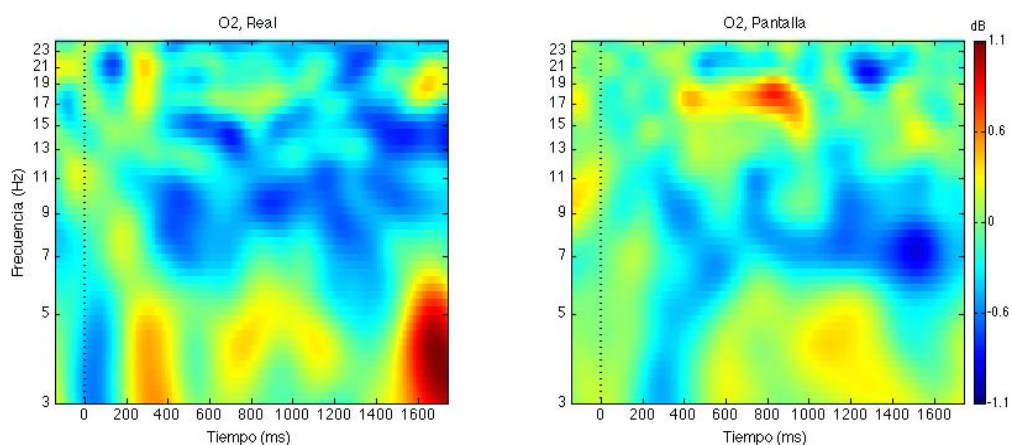


Figura 63. ERSPs del córtex visual según el tipo de estímulo (realidad o pantalla), en los electrodos occipitales O1 y O2. El punto 0 marca el inicio de la acción de agarrar. Se trata de un promedio de 24 acciones de agarrar en un total de 20 sujetos. a: resultados del electrodo O1 en los 20 sujetos. b: resultados del electrodo O2 en los 20 sujetos. Obsérvese la complejidad de los procesos occipitales en distintas frecuencias ante los mismos estímulos. Fuente: elaboración propia.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en la comparativa de activación de córtex visual de estímulo real (representación teatral) y pantalla (a través del estímulo en plano secuencia) se presentan hasta 1800ms posteriores al inicio de la acción agarrar. El motivo es incluir en el análisis un perturbación del espectro que, de manera destacada, se encontró entre los 1500 y los 1800ms (fig. 63) en las frecuencias más bajas. Esta perturbación se aprecia tanto visualmente en el ERSP, como analíticamente en los resultados del análisis estadístico (tabla 20).

Las diferencias más destacables entre los tipos estímulos en el electrodo occipital O1 se presentan a los 1500 ms del inicio de la acción de agarrar y se mantienen hasta los 1750 ms. Estas diferencias acontecen y se mantienen entre las frecuencias de 1 Hz a los 14 Hz, produciéndose una mayor actividad en el estímulo de realidad frente a la pantalla. En la tabla 20, se han destacado algunos valores significativos seleccionados.

En O2, las diferencias se producen en frecuencias de entre 8 y 17 Hz, y tanto a los pocos milisegundos del inicio de la acción de agarrar (0-100 ms), como alrededor de los 1600 ms posteriores al inicio de dicha acción. De nuevo, se produce un aumento de la actividad en la zona occipital en el estímulo real frente al estímulo de pantalla.

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
O1	5 Hz	1580	(19)=2.183	0.041*
O1	9 Hz	1598	(19)=2.188	0.041*
O1	11 Hz	1628	(19)=2.212	0.039*
O1	10 Hz	1656	(19)=2.415	0.025*
O1	9 Hz	1722	(19)=2.683	0.014*
O2	8 Hz	28	(19)=-2.355	0.029*
O2	10 Hz	94	(19)=-3.037	0.006**
O2	12 Hz	1628	(19)=2.211	0.039*

Tabla 20. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de estímulo (realidad y pantalla), en O1 y O2. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

Si atendemos al poder espectral de un tipo de estímulo y otro, comprobamos que este es mayor en la acción real frente a la pantalla (recordemos, en el caso de estímulo en plano secuencia) en prácticamente todas las frecuencias estudiadas, de 1 a 20 Hz. El poder espectral

de los estímulos en pantalla, sin embargo, supera ligeramente al generado por la acción real alrededor de los 11 Hz y los 17 Hz. Por otro lado, tal y como se aprecia en la figura 64, las diferencias espectrales entre los tipos de estímulos son estadísticamente muy significativas entre las frecuencias de 1 a 10 Hz, por un lado, y entre los 13 y los 15 Hz, por otro. Siendo en las frecuencias más bajas donde se sitúa la diferencia más significativa entre ambos tipos de estímulos.

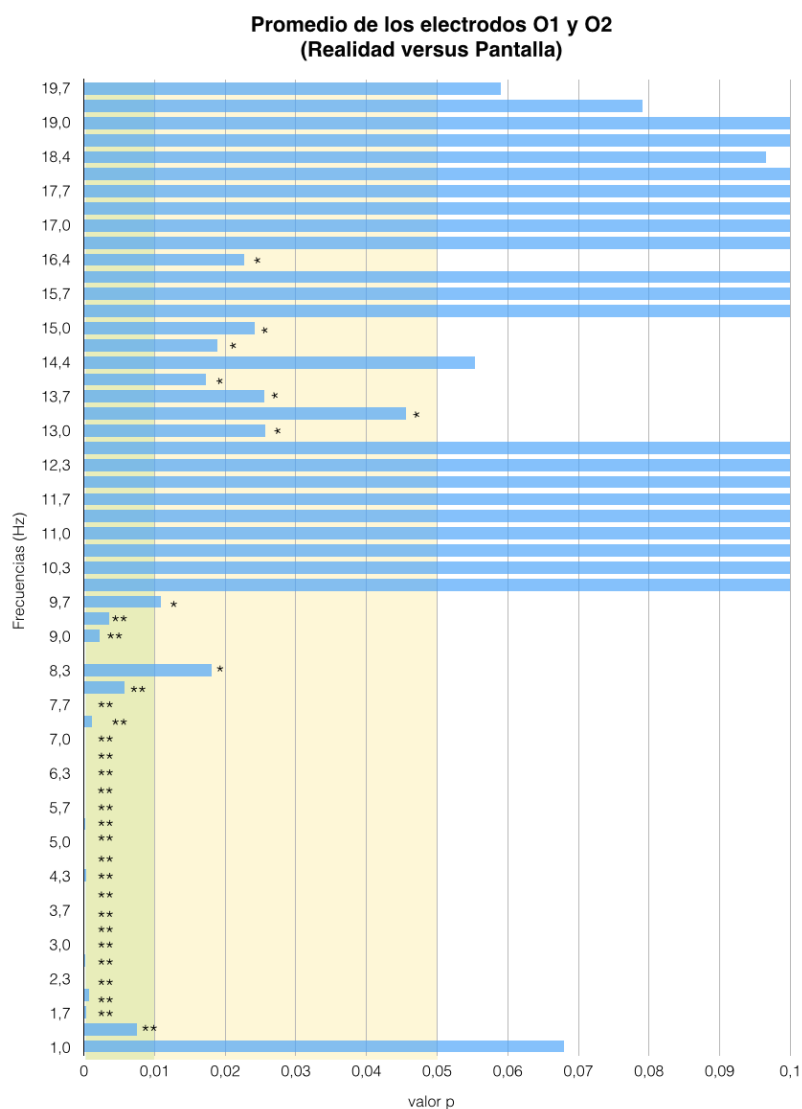


Figura 64. Comparativa de poder espectral en un promedio de O1 y O2, en la condición de tipo de estímulo: realidad versus pantalla. Se destacan los valores de p estadísticamente significativos. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* < 0.05, ** < 0.01).

A continuación (fig. 65), se caracterizan el *cluster* e, realizado con componentes del área occipital (en torno al córtex visual), con el fin de comprender el comportamiento visual de los sujetos estudiados, a través de agrupaciones de diferentes ICs. El *cluster* e está formado por un

total de 45 componentes independientes de los 20 sujetos participantes en esta parte de la investigación. Sus localizaciones pueden apreciarse en las figuras 65b y 65c.

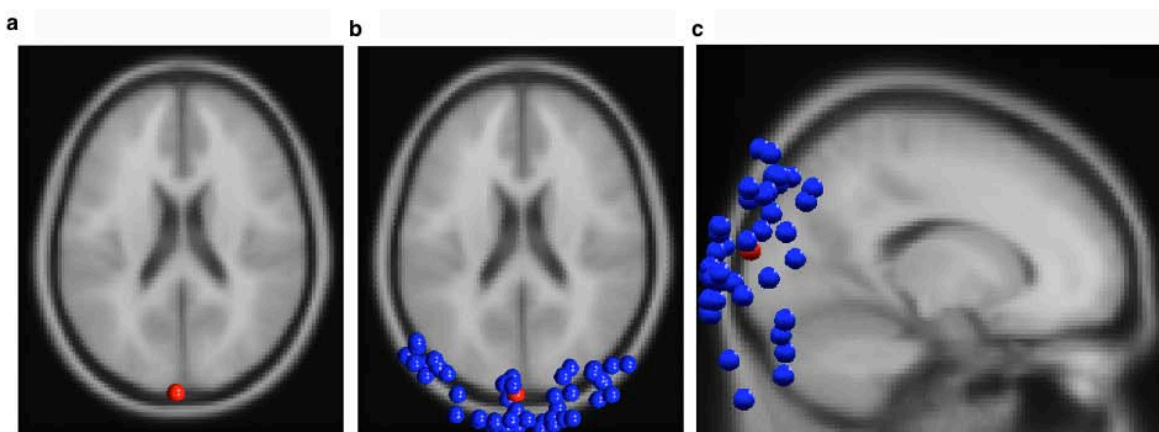


Figura 65. Caracterización del *cluster e*. Se presenta un *cluster* del córtex visual, realizado ad hoc para esta investigación, en la comparación en función del tipo de estímulo. El *cluster* está formado por 45 componentes. a: Media de las 45 localizaciones de las fuentes de dipolos del *cluster*. b: Los 45 componentes y sus localizaciones. c: Los 45 componentes y sus localizaciones. Fuente: elaboración propia.

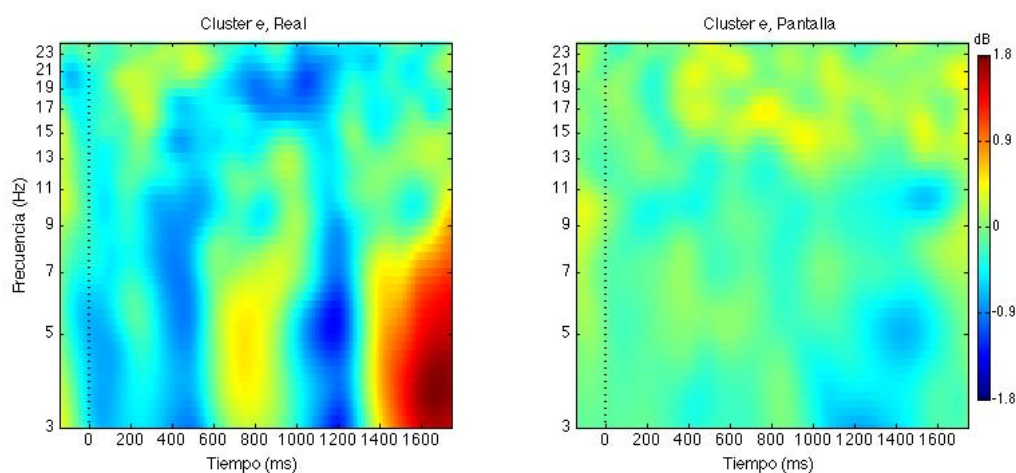


Figura 66. ERSP del *cluster e*, en la comparación del tipo de estímulo: acción real frente a pantalla. El punto 0 indica la acción de agarrar. Se presentan los 1800 ms siguientes al inicio de la acción agarrar en el estímulo de acción real y de pantalla (plano secuencia). Se trata de un promedio de 24 acciones de agarrar en un total de 20 sujetos. Fuente: elaboración propia.

Los resultados del ERSP (fig. 66) y los de análisis estadístico (tabla 21), nos muestran que durante los primeros 140 ms, existen diferencias significativas entre ambos tipos de estímulos a frecuencias desde 1 Hz hasta los 10 Hz (llegando puntalmente a los 15 Hz). El *cluster e*, formado por 45 componentes y con un área de análisis más amplia a la registrada por O1 y O2 del análisis previo, indica que existe un descenso de la actividad al poco de haberse

iniciado la acción de agarrar en el estímulo real frente al estímulo a través de pantalla. Este descenso de actividad se presenta de manera continua a lo largo de las frecuencias de 1 a 10 Hz. A partir de los 1380 ms (tabla 21), por su parte, acontece unas interesantes diferencias entre los tipos de estímulos, que se mantienen durante unos 400 ms, en frecuencias desde 1 a 20 Hz. En este momento, lo que acontece es un aumento de la actividad en el estímulo real frente a la pantalla, coincidiendo con los resultados obtenidos en O1 y O2 de manera independiente (fig. 63a y 63b).

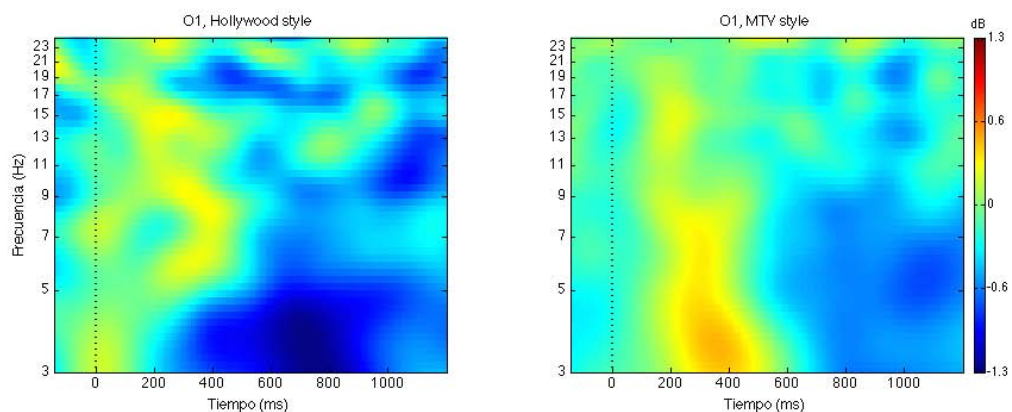
<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
e	6 Hz	94	(44)=-2.726	0.009**
e	10 Hz	1410	(44)=2.246	0.029*
e	7 Hz	1486	(44)=2.283	0.027*
e	11 Hz	1532	(44)=2.726	0.009**
e	4 Hz	1618	(44)=2.772	0.008**
e	14 Hz	1636	(44)=3.08	0.003**
e	4 Hz	1704	(44)=3.032	0.004**
e	16 Hz	1704	(44)=2.704	0.009**

Tabla 21. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de estímulo (realidad y pantalla, en el *cluster* e. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

5.3.2. El córtex visual según el tipo de montaje

Los tipos de montaje que se comparan en este apartado son el montaje según un estilo de edición clásico (*Hollywood style*) y el montaje post-clásico, más próximo a una edición de videoclip (*MTV style*). En esta ocasión la línea 0 del análisis se corresponde con el corte de plano, tanto en un montaje como en otro. Se presentan los resultados hasta 1200 ms después de cada corte de plano. Los datos que se presentan a continuación pueden ser analizados junto con los del apartado *La desincronización del ritmo mu según el tipo de montaje*.

a



b

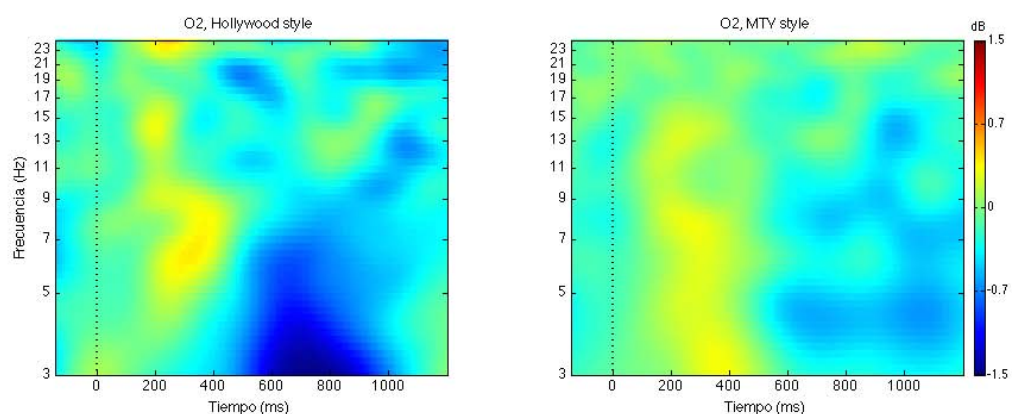


Figura 67. ERSPs del córtex visual según el tipo de montaje (*Hollywood style* o *MTV style*), en los electrodos occipitales O1 y O2. El punto 0 marca el corte de plano. Se trata de un promedio de 33 cortes de plano en el caso del *Hollywood style* y de 79 en el caso del *MTV style*. a: resultados del electrodo O1 en los 20 sujetos. b: resultados del electrodo O2 en los 20 sujetos. Fuente: elaboración propia.

Las perturbaciones espectrales parecen mostrar una ligera activación de O1 y O2 a los pocos milisegundos del corte de plano. Esto sería común a ambos tipos de montajes y, por tanto, no sería una diferencia significativa entre ambos estímulos. Sí parece de interés destacarlo, ya que presentaría un aumento de la activación occipital (córtex visual) en los sujetos cada vez que se produce un corte de plano, independientemente del estilo del montaje. Esto sería compatible con la idea de necesidad de decodificación del nuevo cuadro o composición a la que el sujeto (o espectador) se enfrenta tras un cambio de plano. En futuras investigaciones habría que explorar distintos cambios de plano en función de si presentan saltos temporales o espaciales, para ver si muestran cargas diferentes, como propugnan Magliano y Zacks (2011).

Por otro lado, la figura 67 muestra una desactivación superior de la actividad en frecuencias muy bajas en el montaje según *Hollywood style*, entre los 300 y los 1000 ms después del corte de plano. Esta desactivación a frecuencias de entre 1 y 12 Hz aproximadamente, también se encuentra presente en el montaje *MTV style* pero, según los ERSPs, en menor intensidad.

A continuación se presentan las diferencias estadísticamente significativas detectadas entre los dos tipos de montajes:

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
O1	8 Hz	274	(19)=-2.231	0.037*
O1	9 Hz	340	(19)=-2.363	0.028*
O1	9 Hz	472	(19)=-2.108	0.048*

Tabla 22. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en O1 y O2. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

En el electrodo occipital O1 se producen una diferencias significativas desde los 220 ms, que se mantienen hasta los 550 ms aproximadamente, en las frecuencias de entre los 3 y los 10 Hz. En la tabla 22, se han destacado algunos valores seleccionados alrededor de los 9 Hz. En O2 no aparecen, sin embargo, resultados estadísticamente significativos de diferencias entre uno y otro montaje, en frecuencias inferiores a los 25 Hz.

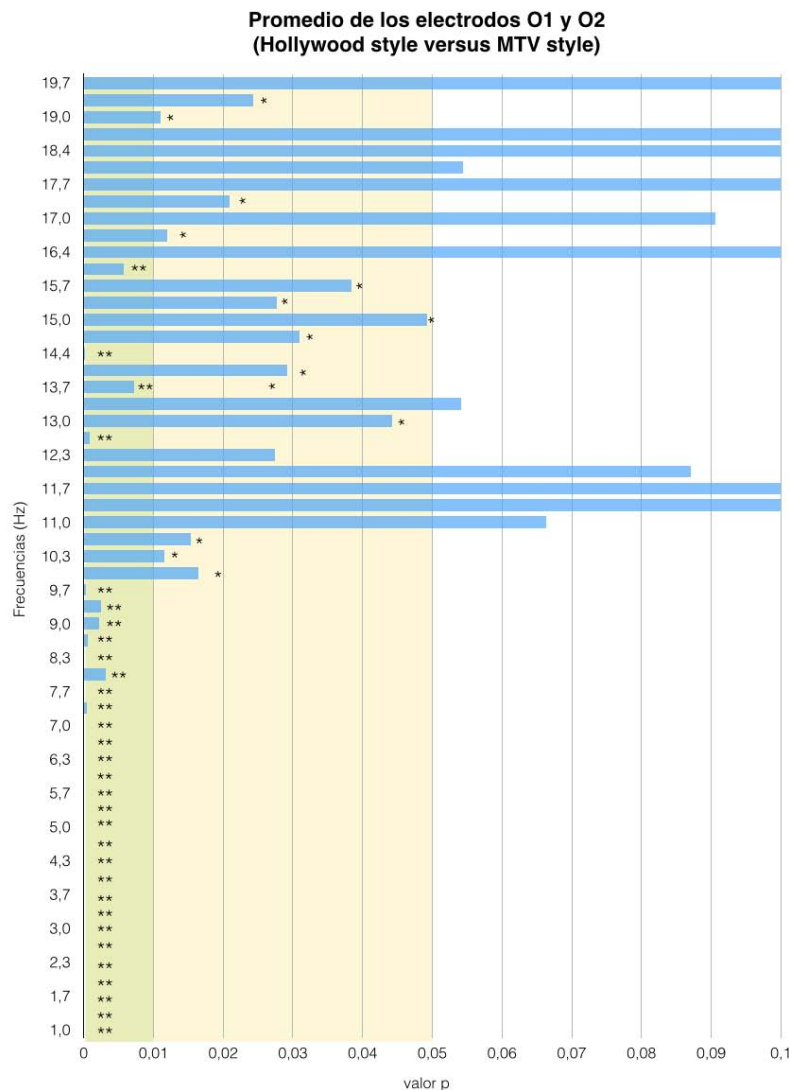


Figura 68. Comparativa de poder espectral en un promedio de O1 y O2, en la condición de tipo de montaje: *Hollywood style* versus *MTV style*. Se destacan los valores de p estadísticamente significativos. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* < 0.05, ** < 0.01).

Por otro lado, se produce un mayor poder espectral en el estímulo según el montaje de *Hollywood style* frente al montaje según *MTV style*, en todas las frecuencias analizadas, de 1-20 Hz. Las diferencias espectrales entre los tipos de estímulos son estadísticamente significativas, principalmente, entre las frecuencias de 1 a 11 Hz, por un lado, y entre los 13 y los 16 Hz, por otro (fig. 68).

A continuación, se puede apreciar (fig. 69), la caracterización del *cluster f*, realizado con diversos componentes del área occipital (zona visual), para analizar con ICs el comportamiento visual de los sujetos en función del montaje. El *cluster f*, realizado para esta investigación, está compuesto por un total de 52 componentes de los 20 sujetos que participan

en esta parte del estudio. La localización de los componentes puede verse en las figuras 69b y 69c.

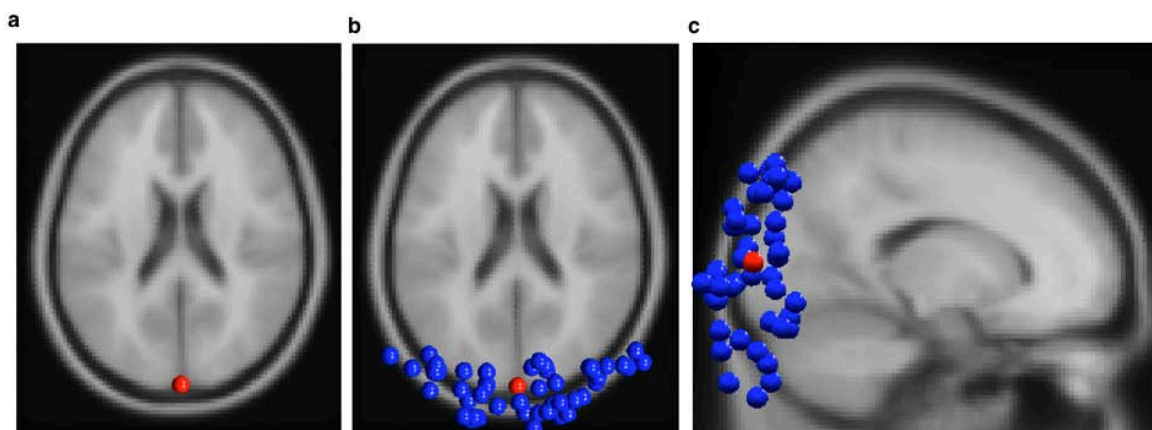


Figura 69. Caracterización del *cluster f*. Se presenta un *cluster* del córtex visual, realizado ad hoc para esta investigación en la comparación en función del tipo de montaje. El *cluster* está formado por 52 componentes. a: Media de las 52 localizaciones de las fuentes de dipolos del *cluster*. b: Los 52 componentes y sus localizaciones. c: Los 52 componentes y sus localizaciones. Fuente: elaboración propia.

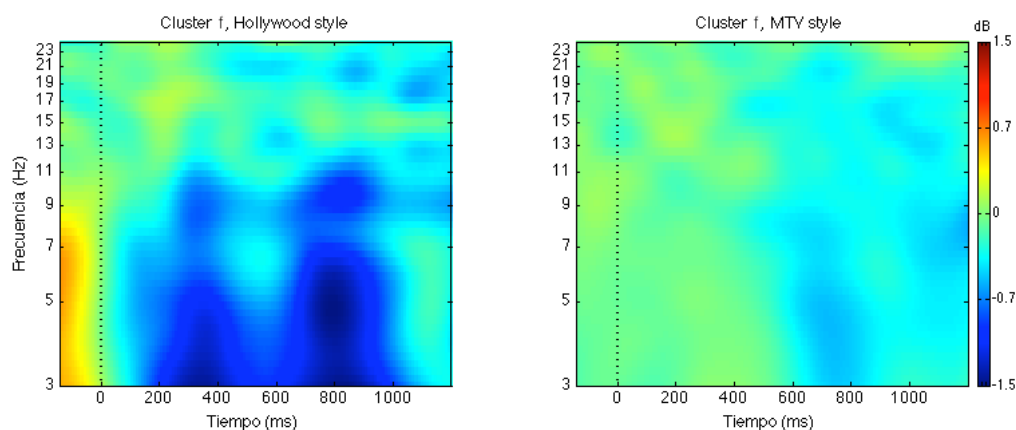


Figura 70. ERSP del *cluster f*, en la comparación del tipo de montaje: *Hollywood style* frente a *MTV style*. El punto 0 indica el corte de plano. Se trata de un promedio de 33 cortes de plano en el caso del montaje según el *Hollywood style* y de 79 en el caso del *MTV style*, en un total de 20 sujetos. Fuente: elaboración propia.

En esta ocasión, encontramos en el *cluster f*, un descenso de la actividad claro en el montaje según *Hollywood style*, frente al *MTV style*. Desde los 70 hasta los 400 milisegundos, acontecen constantes diferencias significativas entre ambos tipos de montajes en las frecuencias comprendidas entre 1-25 Hz (algunos valores significativos seleccionados se pueden apreciar en la tabla 23).

Después de estas diferencias iniciales, próximas al corte de plano, a los 800 milisegundos, acontece otra diferencia menos destacada entre ambos tipos de montajes en las

frecuencias de 10 a 16 Hz. Esta diferencia, apreciable tanto en el ERSP (fig. 70) como en los valores seleccionados de la tabla 23, es de menor importancia.

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
f	15 Hz	104	(51)=-2.696	0.009**
f	5 Hz	150	(51)=-2.679	0.009**
f	6 Hz	264	(51)=-2.411	0.019**
f	10 Hz	350	(51)=-2.231	0.03*
f	14 Hz	814	(51)=-2.055	0.045*

Tabla 23. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de montaje (*Hollywood style* y *MTV style*), en el *cluster* f. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

En esta ocasión, podemos comprobar cómo los resultados obtenidos por los electrodos de manera independiente y los aportados por el *cluster* realizado ad hoc para esta investigación, no muestran una evidente coincidencia. El motivo de esta variedad, no incompatible, de resultados puede ser debido a la clara diferencia del número de fuentes en una comparativa y otra. En el caso de los electrodos, O1 y O2, las fuentes son individuales para cada electrodo. En el caso de los componentes independientes agrupados, se habla de decenas de fuentes resultantes de los diversos ICAs realizados a cada uno de los sujetos participantes en el estudio. Es de interés destacar esto, porque al encontrarnos en los albores de la investigación con *clusters* de ICs, es posible que la variación de los modelos matemáticos que actualmente se utilizan para la descomposición en fuentes a partir de registros de electrodos, pueda provocar que estos mismos registros, analizados dentro de un tiempo, con modelos modificados y evolucionados, aporten resultados variables, en lo que a los *clusters* se refiere.

5.3.3. El córtex visual según el tipo de sujeto

Para distinguir entre la actividad visual en función del tipo de sujeto, se presentan los resultados divididos en dos apartados: en un primer apartado se analizan estas diferencias en torno a la acción de agarrar, como punto 0; en un segundo apartado, las diferencias en clave de corte de plano, tomado como punto 0 de estudio.

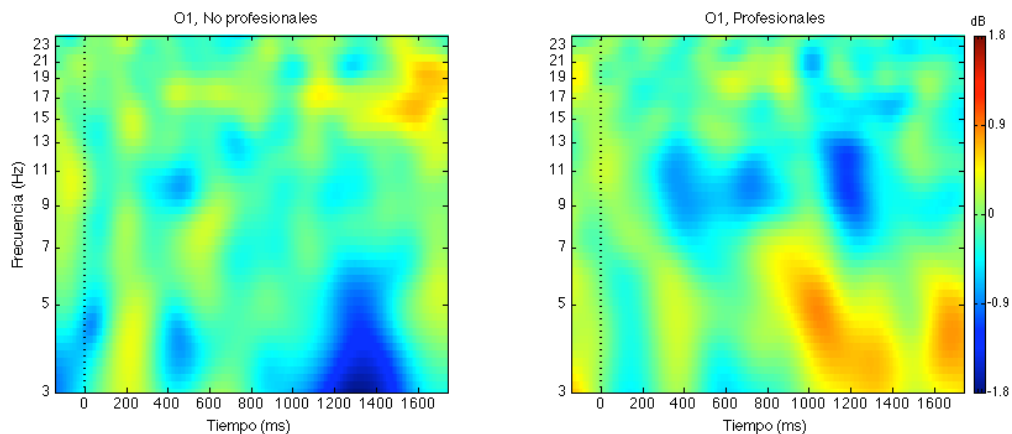
Tal y como se ha mencionado anteriormente, en el caso del análisis en torno a las acciones de agarrar (promedio de 24 acciones de agarrar en el estímulo real y 24 acciones de agarrar en el estímulo de pantalla), se presentan la ventana de resultados ampliada hasta los 1800 ms, dada la alteración del espectro encontrada entre los 1600-1800 ms en los ERSPs.

5.3.3.1. Profesionales versus no profesionales en acción agarrar

A continuación se presentan las diferencias espectrales en los electrodos occipitales O1 y O2, entre profesionales y no profesionales del audiovisual en torno a la acción de agarrar. a Sucede con estos datos lo que ya se mencionara anteriormente, que pueden ser comprendidos junto a los del subapartado *Profesionales versus no profesionales en acción agarrar* del apartado *La desincronización del ritmo mu según el tipo de sujeto*.

Un punto que parece similar tanto en profesionales como en no profesionales, es la ligera activación de O1 y O2 a los 200-300 ms aproximadamente después de haberse iniciado la acción de agarrar. Algunas de las diferencias que se aprecian en los ERSPs occipitales de O1 y O2 se presentan en las frecuencias más bajas. En O1 destaca una desactivación alrededor de los 1300 ms en los sujetos no profesionales que en el caso de los profesionales se muestra como activación (fig. 71a). En O2, por su parte, se aprecia una activación en los sujetos no profesionales en las frecuencias de 3 a 5 Hz a los 600-800 ms, inexistente en el caso de los sujetos profesionales del audiovisual (fig. 71b).

a



b

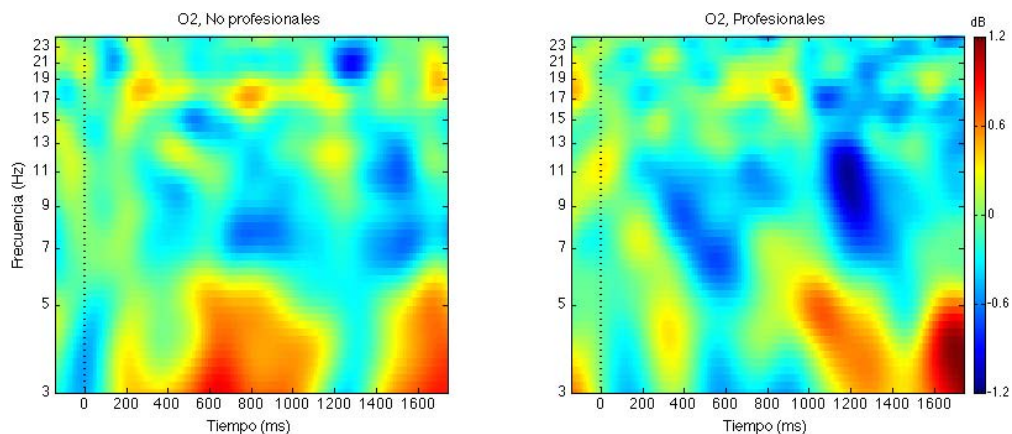


Figura 71. ERSPs de la zona occipital vinculada a la acción de agarrar en O1 y O2 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. El punto 0 marca el inicio de la acción agarrar. Están promediados los estímulos de acción real y de plano secuencia a través de pantalla en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. La ventana temporal se amplía a los 1800 ms a partir del inicio de la acción agarrar, tal y como se explica anteriormente en el texto. a: resultados obtenidos en O1. b: resultados obtenidos en O2. Fuente: elaboración propia.

En ambos casos, conviene comparar los resultados del análisis estadístico realizado, presentes en la tabla 24. Una de las diferencias obtenidas entre los dos grupos de sujetos se produce en el electrodo O1, entre los 100 y los 200 ms desde el inicio de la acción agarrar, a unas frecuencias bajas de entre 1-9 Hz. En O2, encontramos también una diferencia, entre profesionales y no profesionales del audiovisual, en las frecuencias de 1-9 Hz entre los 120-200 ms, después del inicio de la acción agarrar. En ambos casos, la activación superior se produce entre los sujetos no profesionales, mientras que en los profesionales se produce una disminución de la actividad en la zona occipital. Esto podría reflejar el factor de especialización en los profesionales y sus procesos corticales frente a las imágenes debido a su trabajo intensivo con pantallas. Sería coherente con estudios sobre la menor actividad

sensoriomotora en violinistas y pianistas ante estímulos musicales que dominan (Klings et al., 2000) o una mayor implicación emocional por parte de los no profesionales en la apreciación de los estímulos (Babiloni et al., 2011).

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
O1	6 Hz	142	(9)=3.267	0.009**
O1	9 Hz	160	(9)=2.368	0.042*
O1	10 Hz	1230	(9)=-2.38	0.041*
O1	11 Hz	1324	(9)=-2.427	0.038*
O2	3 Hz	150	(9)=4.44	0.001**
O2	7 Hz	178	(9)=3.393	0.007**

Tabla 24. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en O1 y O2. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05).

Otra diferencia interesante acontece entre los 1200-1350 ms en las frecuencias de 6-14 Hz en O1. En esta ocasión, se produce una disminución de la actividad occipital en los sujetos no profesionales, mientras que en los sujetos profesionales se produce un aumento de la misma. Esta diferencia, de interés significativo en el caso de O1, acontece también en O2, aunque sin tanta diferencia entre un tipo de sujeto y otro.

De algún modo, podríamos resumir estas dos diferencias de la siguiente manera: durante los primeros milisegundos después del inicio de la acción agarrar, los sujetos no profesionales aumentan su actividad en el área occipital frente a la disminución de los sujetos profesionales; y, más tarde, a los 1200 milisegundos, se produce un hecho contrario: los sujetos no profesionales disminuyen su actividad en las frecuencias bajas, mientras los sujetos profesionales la aumentan.

Atendamos a los resultados aportados por el *cluster e* (fig. 72 y tabla 25), caracterizado anteriormente en la figura 65. Aquí, que seguimos entendiendo el punto 0 como el inicio de la acción agarrar, observamos que las diferencias entre los dos tipos de sujetos acontecen en las frecuencias bajas de 1 a 11 Hz, destacando las correspondientes a los 5-8 Hz. La activación en el ERSP se presenta superior en el caso de los sujetos no profesionales a entre los 550 y los 910 ms después del inicio de la acción agarrar. Algunos valores significativos seleccionados pueden encontrarse en la tabla 25.

Por otro lado, se aprecia cómo el aumento de actividad que se detectó anteriormente, entre los 1600 y los 1800 ms, se puede apreciar en el ERSP en ambos tipos de sujetos, profesionales y no profesionales del audiovisual.

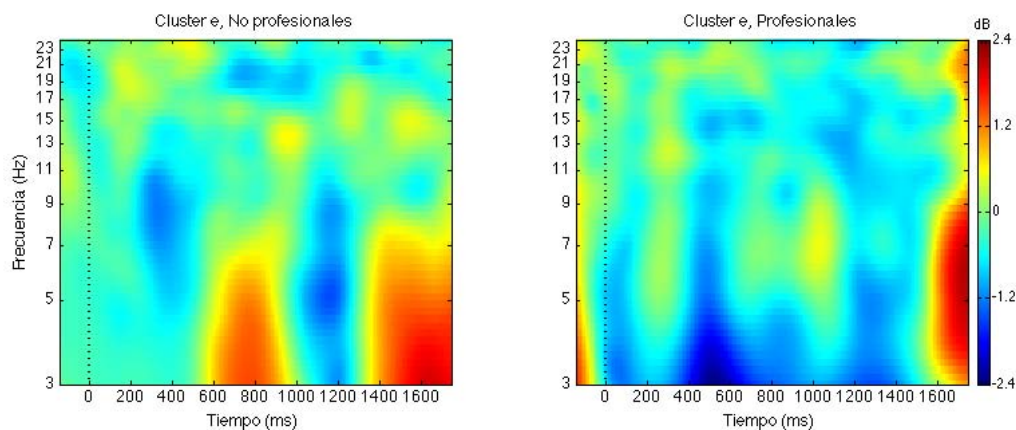


Figura 72. ERSP del *cluster e*, del córtex visual vinculado a la acción de agarrar en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca inicio de la acción agarrar. Están promediados los estímulos de acción real y de estímulo de pantalla con un montaje de plano secuencia, en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster e* se encuentra caracterizado en la figura 65. Fuente: elaboración propia.

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
e	5 Hz	624	(25)=2.247	0.032*
e	6 Hz	738	(23)=2.308	0.027*
e	8 Hz	804	(42)=2.622	0.012*
e	7 Hz	888	(40)=2.266	0.029*

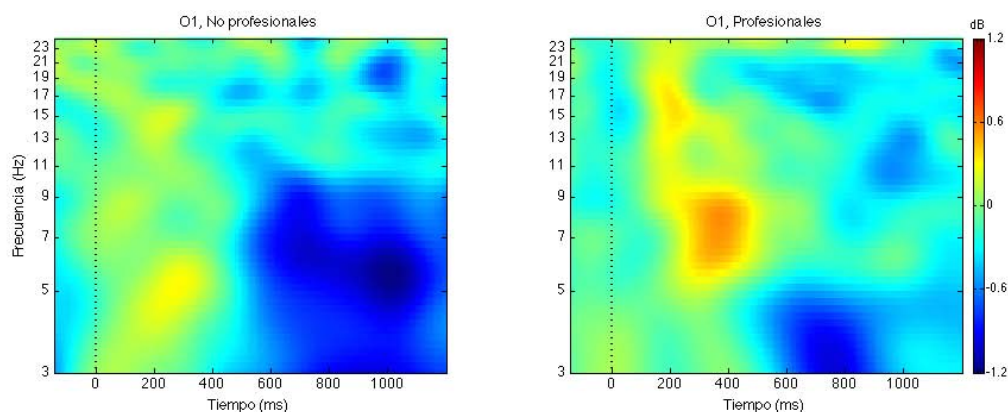
Tabla 25. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en la acción de agarrar, en el *cluster e*. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

5.3.3.2. Profesionales versus no profesionales en cambio de plano

A continuación se presentan los resultados de los electrodos occipitales O1 y O2 en el caso del análisis vinculado al cambio de plano. El punto 0 indica el corte de plano, independientemente del tipo de montaje (*Hollywood style* o *MTV style*). Los cortes de ambos tipos de estímulos están promediados de manera conjunta, estudiándose las diferencias en

base al tipo de sujeto: profesional o no profesional del audiovisual. Estos datos pueden ser tenidos en cuenta junto a los del subapartado *Profesionales versus no profesionales en cambio de plano* del apartado *La desincronización del ritmo mu según el tipo de sujeto*.

a



b

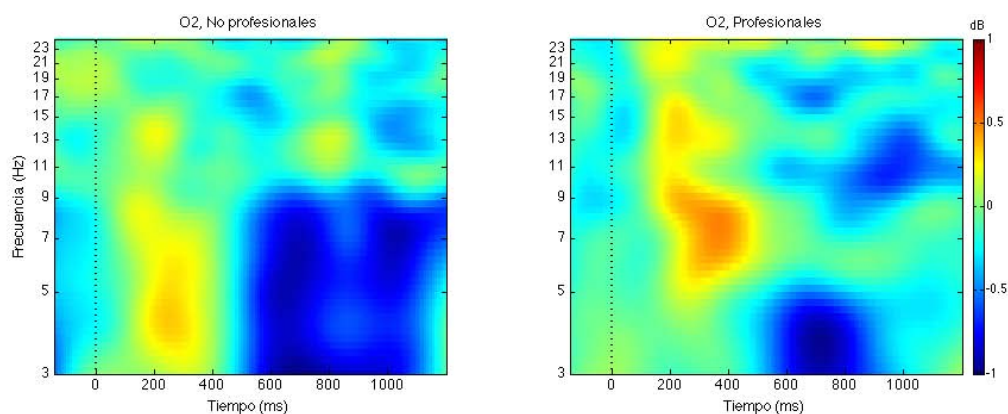


Figura 73. ERSPs de la zona occipital vinculada al corte de plano en O1 y O2 en los profesionales y los no profesionales del audiovisual. El punto 0 marca el corte de plano en los dos tipos de montajes analizados en esta investigación (*Hollywood style* y *MTV style*), promediados conjuntamente para esta parte del análisis. Están promediados los estímulos de acción real y de plano secuencia a través de pantalla en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. a: resultados obtenidos en O1. b: resultados obtenidos en O2. Fuente: elaboración propia.

Electrodo	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
O1	18 Hz	330	(9)=-2.277	0.048*
O1	16 Hz	662	(9)=-2.63	0.027*
O1	19 Hz	700	(9)=-4.078	0.002**
O2	17 Hz	604	(9)=-2.317	0.045*
O2	16 Hz	718	(9)=-2.453	0.036*

Tabla 26. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el cambio de plano, en O1 y O2. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* < 0.05).

A los 300 ms aparece en O1 una diferencia significativa entre los dos grupos de sujetos en las frecuencias de 18-25 Hz, que se mantiene en el tiempo hasta los 1000 ms. Esta diferencia se amplía a frecuencias inferiores (hasta los 16 Hz) a partir de los 600 ms y se presenta como altamente significativa entre los 550 y los 750 ms. Esta diferencia es claramente apreciable en los ERSP de O1 y O2 (fig. 73a y 73b), en los que se observa cómo los sujetos no profesionales muestran un descenso de la actividad durante unos 500 ms aproximadamente (de 600 a 1100ms) en las frecuencias bajas. En los sujetos profesionales, existe también un descenso de la actividad alrededor de los 700 ms, pero este es únicamente en las frecuencias más bajas (3-5 Hz) y durante menor cantidad de tiempo. En el electrodo O2, por su parte, destaca una diferencia significativa entre grupos acontecida en este momento, entre los 570-770 ms aproximadamente, en las frecuencias de 16-25 Hz.

Por otro lado, se puede destacar que entre los 1200-1400 ms también acontecen diferencias de interés estadístico entre los grupos de sujetos, profesionales y no profesionales, en las frecuencias a partir de los 20 Hz hasta los 30 Hz.

En el caso del *cluster* f, caracterizado en la figura 69 y realizado en torno al área occipital, encontramos que existen diferencias destacables desde los 570 ms aproximadamente hasta los 780 ms, entre ambos tipos de sujetos. Estas diferencias se presentan en frecuencias de 4 a 16 Hz, principalmente. Y de manera más destacada, en torno a los 12 Hz y a los 670 ms. En la tabla 26, podemos encontrar algunos valores seleccionados al respecto. Se trata sólo de algunos datos escogidos.

Si bien estos resultados del *cluster* f (fig. 74) presentan ERSPs similares con los obtenidos en O1 y O2 en el caso de los sujetos profesionales (ver figuras 73a y 73b), en el caso de los sujetos no profesionales, se puede apreciar que no existe una perturbación del espectro similar entre los electrodos O1 y O2 y el *cluster*. Quizás esto debiera ser tenido en cuenta para realizar posteriores análisis con futuros modelos matemáticos en la descomposición de fuentes y obtención de componentes independientes, posteriormente agrupados en *clusters*. Podríamos estar observando otros procesos más parietales o inferotemporales de reconocimiento, que muestran actividades visuales de una etapa posterior.

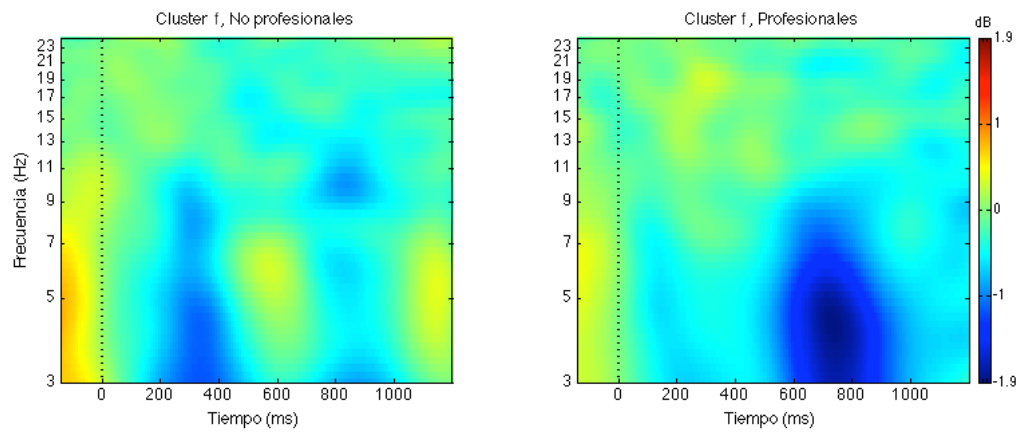


Figura 74. ERSP del *cluster f*, del córtex visual vinculado al corte de plano en la comparación de los profesionales del audiovisual y los no profesionales. El punto 0 marca el cambio de plano. Están promediados los estímulos del montaje según el *Hollywood style* y el del *MTV style*, en un total de 10 sujetos no profesionales y 10 sujetos profesionales del audiovisual. El *cluster f* se encuentra caracterizado en la figura 69. Fuente: elaboración propia.

<i>Cluster</i>	Frecuencia	Tiempo (ms)	t	valor-p
f	10 Hz	614	(25)=2.257	0.032*
f	12 Hz	680	(25)=3.137	0.004**
f	4 Hz	718	(25)=2.327	0.028*
f	7 Hz	746	(25)=2.354	0.026*
f	14 Hz	746	(25)=2.221	0.035*

Tabla 27. Valores significativos seleccionados de las diferencias en función del tipo de sujeto (profesionales y no profesionales del audiovisual) en el corte de plano, en el *cluster f*. Resultados de t-test. Fuente: elaboración propia. (* <0.05, ** <0.01).

5.4. Limitaciones y futuras investigaciones

Si no me das bien las medidas, no tendrás tu laboratorio

Santiago Gómez, 2013

Recursos, tiempo, transdisciplinariedad analítica. A la vuelta de estas investigaciones, es fácil ver que hemos redescubierto métodos que ya estaban inventados o que tenían superiores soluciones de protocolo en algunos casos, en otros, no. Todo ello retrasó las investigaciones, que ahora van más rápidas y pisando, esperemos, suelo más firme. En algún caso, como el disparo y presentación de estímulos con el software *Paradigm* se ha seguido un camino nuevo muy fructífero.

Por un lado, la sincronización perfecta entre el EEG y la señales de video audiovisuales se consiguió laboriosamente con los triggers de los cambios de plano y acciones de los videos. Pero he dejado fuera de este trabajo resultados, que si bien creo acertados, tienen demasiada subjetividad temporal, +/- 40 ms., exactitud de frame, como algunos que dependen del inicio de acciones y movimientos voluntarios, que podrían resolverse con el complemento de equipos electromiográficos (EMG). Con más recursos, la sincronización de todo tipo de señal audiovisual se puede implementar con, por ejemplo, equipos para estudios del sueño y control epiléptico, polisomnográficos, junto con cámaras de alta velocidad, que ahora permiten sincronizar más de una cámara o señal de video.

También creo que el equipo humano y la especialización inteligente es necesaria para el análisis de datos. Las investigaciones futuras se beneficiarían del concurso de un estadístico y

especialmente, un matemático, que pueda plasmar las funciones de análisis ad hoc para optimizar tiempos de cálculo con softwares flexibles como MATLAB.

La calidad de los registros de EEG es fundamental. Afortunadamente, se grabó a más de 50 sujetos, y se pudieron seleccionar las grabaciones con más calidad. La utilización de un equipo experimental, acusó un optimismo por parte del fabricante en cuanto a la duración de los electrodos de cloruro de plata. A pesar de seguir los protocolos de manipulación y limpieza, su rendimiento estaba lejos de servir para 30 sujetos y sesiones previstas y hubo que adquirir recambios. La utilización de electrodos secos, más costosos, garantizaría mejores resultados y más flexibilidad en las condiciones de trabajo.

La construcción del laboratorio se mostró robusta para el estudio cinemático de la edición audiovisual, pero cuando analizamos componentes sutiles o la supresión del ritmo mu, el blindaje del entorno de EEG, además de eliminar vías de cableado eléctrico, debería contar de una estructura de jaula de Faraday, o un aislamiento más adecuado que disminuiría mucho la ocurrencia de artefactos en frecuencias medias/altas. Por otro lado, el dispositivo de captación electroencefalográfica *Enobio* de 20 canales, es potente y muy sensible. Neuro-Com buscó el sistema más flexible y vanguardista dentro de nuestras posibilidades, y el dispositivo es soberbio, pero en el momento de su adquisición (2012), desarrollado por la empresa *Neuroelectrics* en Barcelona, quedaba mucho por desarrollar informáticamente por parte del fabricante. Sobre todo, en formato de grabación y su exportación y compatibilidad con otros softwares y presentaba algunos problemas en las cabeceras de los archivos .edf, que dieron quebraderos de cabeza. Sucesivas versiones de la interface de trabajo NIC y la posibilidad de monitorar la señal grabada con la aparición del software *NICOoffline* hacen que el sistema sea mucho más amigable ahora y permite trabajar con más seguridad y rapidez.

Por otro lado, no dejo de pensar que usamos modelos estadísticos. Muy poderosos, pero que localizan el origen de las señales cerebrales muy aproximadamente y ciñéndose a la teoría de la especialización cerebral. Como ya se dijo, no por saber *dónde*, sabemos *cómo* o *qué*. Añadir técnicas tractográficas al análisis parece fundamental para conectar con las modernas suposiciones de la MPF o Fuster sobre las redes de memoria en interacción. Especialmente en cuestiones tan complejas como el estudio de la percepción de audiovisuales que, creo firmemente, se apoyan en los modelos que construimos del mundo. Afortunadamente, se están refinando mucho las herramientas de análisis apuntando a un salto adelante en las

técnicas de neuroimagen. Es fundamental para continuar, equipos de EEG de más canales y disponer de más recursos, claro. Sería ideal poder explicar estos cambios mediante MEG o cruzar datos del EEG con fMRI.

Hace falta parcializar y triangular estas investigaciones para conectarlas con el flujo principal de la moderna neurociencia. Evidentemente, hace falta repetir estos experimentos con un paradigma *oddball* clásico y un análisis de redes conexionista. Hemos empezado a hacer análisis de conectividad cerebral con HERMES (véase sección *Ruidos en la fiesta, el problema inverso y más*; Niso et al., 2013). Colateralmente a la investigación, se ha advertido que algunos descubrimientos, en torno al parpadeo, las condiciones luminosas de visionado y el cambio de plano, pueden brindarnos pistas sobre la salud ocular del espectador y podrían extraerse conclusiones con aplicaciones prácticas para paliar la llamada “fatiga de pantalla”. Habría que desarrollar nuevos experimentos variando las condiciones lumínicas del visionado y el diseño de estímulos.

Por otro lado, las posibilidades de nuevos experimentos en continuidad intensificada, comprensión de los procesos atencionales en audiovisuales, visionado y aprendizaje según condiciones lumínicas, nuevas transiciones relacionadas con nuestra percepción de las discontinuidades del montaje y la valoración de la realidad virtual y la empatía desde el punto de vista del observador abren un campo de investigación apasionante.

Finalmente, quiero dejar constancia de que con los defectos de crear un laboratorio de la nada y la incertidumbre que se asocia en estos lares dedicarse a la investigación, creo que ha merecido la pena. Y la alegría sería poder continuar estas investigaciones con estabilidad, mejorando los métodos y recursos necesarios.

6. Conclusiones

Comencemos el final por el principio. Los objetivos de esta investigación han quedado cubiertos. Ahora sabemos que existen diferencias entre la percepción visual de la realidad y de las pantallas. Que existen diferencias en la percepción visual en función del tipo de montaje. Y que los profesionales del audiovisual y los legos presentan una diferente percepción visual.

Desglosemos ahora las hipótesis de trabajo y vayamos una a una, con todos sus matices:

La primera hipótesis postulaba que habrían diferencias en la percepción de un mismo estímulo narrativo presentado en la realidad o a través de la pantalla. Con los resultados obtenidos podemos concluir que el visionado de una misma narración a través de pantalla con independencia del tipo de montaje audiovisual, o a través de una representación real provoca una clara diferencia en la frecuencia de parpadeo, pero sólo marcadamente en el grupo de los sujetos profesionales. El visionado a través de las pantallas provoca una inhibición del parpadeo frente a la realidad en aquellos sujetos que están cada día tomando decisiones en torno al montaje de imágenes audiovisuales. Podemos concluir, por su parte,

que, en términos generales, los sujetos no profesionales del audiovisual sólo parpadean un poco más en la realidad que cuando están viendo lo mismo en pantallas audiovisuales.

Hemos podido comprobar que el grado de desincronización del ritmo μ al ver acciones perceptivas asociadas a él (acciones de agarrar) provoca claras diferencias en la percepción en función del tipo de estímulo (realidad o pantalla). Hemos comprobado que ver a alguien agarrar algo en la realidad desincroniza de mayor manera el ritmo μ frente a ver la misma acción a través de una pantalla. Esto nos lleva a concluir que el grado de realidad o empatía (asociados al ritmo μ y al MNS por la literatura) con el que percibimos las pantallas, es muy inferior al que nos aporta la realidad. Este resultado indica interesantes líneas de investigación próximas para analizar entornos de realidad virtual y los grados de “realidad” que alcanzan.

Por otro lado, al presentar una misma acción (agarrar) a través de una pantalla o de la realidad, el córtex visual presenta ligeras diferencias perceptivas: la realidad provoca mayor activación o, si se quiere, carga de trabajo, que la pantalla, en procesos que habrá que seguir investigando.

La segunda hipótesis de esta investigación decía que habrían diferencias en la frecuencia de parpadeo en función del montaje audiovisual. Con los resultados obtenidos podemos concluir que el montaje afecta a la frecuencia de parpadeo. En términos generales, un mayor ritmo de montaje inhibe la frecuencia de parpadeo, siendo el montaje *MTV style* el que provoca una menor frecuencia de parpadeo, seguido por el *Hollywood style* y finalmente el plano secuencia. Sin embargo, estos resultados sólo son estadísticamente concluyentes en el grupo de los sujetos no profesionales del audiovisual. Los profesionales del audiovisual no inhiben el parpadeo, ya menor de por sí, de manera concluyente en función del tipo de montaje. Por ello, esta hipótesis puede ser verificada sólo en uno de los grupos de estudio.

La tercera hipótesis de trabajo amplía la segunda y postula diferencias en procesos del ritmo μ y en la actividad del córtex visual en función del tipo de montaje. Parece que la desincronización de μ después de un corte de plano es superior en el montaje según el *Hollywood style*, existiendo diferencias entre la perturbación del espectro acontecida después de un corte de plano en un montaje *Hollywood style* y un montaje *MTV style*.

La carga en el córtex visual, por su parte, parece ser superior en el montaje tipo videoclip o según el *MTV style*. Por tanto, podemos validar que existen diferencias en los procesos cognitivos en la percepción según el tipo de montaje.

La cuarta hipótesis plantea diferencias perceptivas entre los profesionales y los no profesionales del audiovisual. Inicialmente, podemos validar esta hipótesis en lo que a la frecuencia de parpadeo se refiere. Como hemos comprobado, existen diferencias en el comportamiento de la frecuencia de parpadeo entre un grupo y otro. Los sujetos profesionales presentan una evidente disminución en la frecuencia de parpadeo al ver las pantallas frente a la realidad, inexistente de manera concluyente entre los sujetos no profesionales. Por otro lado, el tipo de montaje audiovisual provoca una diferente frecuencia de parpadeo entre los sujetos no profesionales, mientras que los profesionales no se ven claramente afectados por ello. De algún modo, los profesionales del audiovisual inhiben su frecuencia de parpadeo al ver pantallas pero no lo supeditan el tipo de montaje; mientras que los no profesionales ven afectada su frecuencia de parpadeo, no por el tipo de estímulo, sino por el tipo de montaje. Parece que aquellos que toman decisiones a diario sobre composición de imagen y edición de la misma prestan mayor atención ante las pantallas, posiblemente porque su trabajo diario así se lo exige. Mientras que aquellos que no tienen esta vinculación de responsabilidad a la percepción de pantallas y el cambio de plano, se ven afectados, podríamos decir involuntariamente, por el diseño del estímulo.

Las diferencias en la frecuencia de parpadeo entre los profesionales y los no profesionales del audiovisual se produce también en cualquier tipo de estímulo. Los profesionales del audiovisual parpadean menos tanto en términos generales, como si hablamos de cualquiera de los estímulos estudiados en esta investigación: acción real, plano secuencia, montaje *Hollywood style* y montaje *MTV style*. De modo que, de manera interesante, vemos que los profesionales no sólo parpadean menos ante el visionado de pantallas, sino también ante la realidad. Esta mayor inhibición de la frecuencia de parpadeo entre los profesionales nos ayuda a concluir que, también en el caso del audiovisual, la profesionalización provoca diferencias en la percepción. Con ello, se podría destacar la importancia de que los profesionales de la imagen cuiden su vista con mayor interés que el resto. Si su profesión provoca diferencias en el modo en el que esta se comporta, especialmente en la frecuencia de parpadeo, considero necesario prestar mayor atención a su salud ocular. Quedan pendientes investigaciones en este

colectivo sobre la prevalencia y la posible peor respuesta terapéutica en la *queratoconjuntivitis óptica* o enfermedades asociadas al síndrome del ojo seco.

En cuanto a las diferencias en la desincronización de *mu* asociada al visionado de la acción agarrar, parece que los sujetos no profesionales adelantan unos milisegundos la desincronización de dicho ritmo frente a los profesionales del audiovisual. Por su parte, el cambio de plano afecta a *mu* de diferente manera en los profesionales del audiovisual y los no profesionales: parece que el grupo de los no profesionales experimentan una superior (aunque ligera) desincronización de *mu* junto a un corte de plano que los profesionales del audiovisual. En este punto es importante decir que, si bien hemos alcanzado resultados en los que se presentan diferencias en la desincronización de *mu* tanto asociados a la acción agarrar como asociados al cambio de plano, se creen necesarios aplicar otros análisis más sofisticados a los registros, que complementen y confirmen estos resultados.

La comparativa de la activación del córtex visual entre profesionales y legos enfrentados al visionado de la acción agarrar no parece aportar resultados concluyentes, aunque los datos sí sugieren algunas diferencias puntuales e interesantes entre un grupo y otro tanto en electrodos como en *clusters* occipitales, que indican una mayor carga de trabajo visual en los sujetos no profesionales a los 600 ms de haber iniciado la acción de agarrar. El cambio de plano, por su parte, sí parece provocar diferencias entre un grupo de sujetos y otro. Estos datos también, se cree, deberían ser analizados de manera complementaria para poder ser confirmados de manera concluyente. Parece que los profesionales, con el superior aprendizaje de la especialización, ya tienen internalizados muchos códigos de los saltos en el montaje de imagen y no tienen que resolver los desafíos ante los cambios espaciales y visuales, que se presentan a los legos. Sería coherente con lo encontrado en estudios sobre especialización en los músicos profesionales.

De manera más general, podemos añadir que esta investigación es pionera en el análisis electroencefalográfico de distintos tipos de montaje audiovisual en un flujo narrativo. Muchas comprobaciones y precisiones son necesarias en el futuro. El empleo del cambio de plano como punto cero de análisis de perturbaciones en el espectro asociado a eventos (ERSP) es novedoso y puede ser una de las aportaciones de esta investigación, que requiere de ulteriores verificaciones y caracterizarse más cuidadosamente, espacial y temporalmente. Por

otro lado, la utilización de la supresión del ritmo mu asociado a la activación del sistema de neuronas espejo (MNS) es aún muy debatida, aunque, como muchas veces, las aplicaciones prácticas de ello, como en la interacción del cerebro con las máquinas (BCI), van por delante de la formalización teórica más aquilatada. En el futuro, el uso de esta señal como marcador de realidad versus pantallas virtuales ofrece, creo, un campo de estudio muy interesante y novedoso en diversas plataformas audiovisuales y realidad virtual.

Con la superior definición espacial de los actuales equipos electroencefalográficos y el uso sofisticado, pero sujeto a modelos, de la estadística, seguro que quedan muchas sorpresas en esa zona del cerebro donde las conexiones motoras se imbrican con la decisión de actuar y la percepción de los eventos, observando el cerebro dinámicamente en acción. Una mejor comprensión de los algoritmos de aprendizaje y la conectividad de las redes aclararán sin duda muchos rincones que nos aproximarán a la esencia de los pensamientos.

Y, como pasa siempre, ninguna de estas investigaciones son concluyentes, pero muestran las posibilidades sólidas de un campo de estudio donde queda todo por hacer. Ahora sabemos que personas que trabajan su atención intensivamente en los códigos narrativos del montaje cinematográfico y audiovisual no sólo ven diferente las pantallas, sino que su mirada sobre la realidad es distinta. Tenemos que saber más cosas de este hecho sorprendente. Las Ciencias de la Comunicación pueden verse enriquecidas con las aportaciones de la Neurocinemática y continuar con solidez un diálogo fecundo para revisar las bases teóricas de análisis para la comprensión de las imágenes y la creación audiovisual como simulacro del mundo. La memoria, el pegamento intertextual que nos permite situarnos en el tiempo y navegar por la realidad, nos guía con la atención dirigida, consciente o inconsciente, vivir, disfrutar de las películas y soñar despiertos.

Vulpalleres, primavera de 2012, Pozuelo y Bellaterra, otoño de 2015.
Miguel Ángel Martín-Pascual

Correspondencia con el autor: miguelangel.martin@uab.cat ; miguelangel.martin@rtve.es

7. Glosario

Alpha (ondas alpha)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con un rango de frecuencia entre los 7 y los 14 Hz. Están asociadas con la actividad en la corteza visual en el estado de reposo. Desaparecen cuando se abren los ojos. Se originan en el lóbulo occipital.

Beta (ondas beta)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con un rango de frecuencia entre los 15 y los 30 Hz. Clásicamente, están asociadas a un comportamiento de concentración activa o atención sostenida. Se originan en ambos lados del cerebro de manera simétrica.

Brodmann, Áreas de

Un área de Brodmann es una región de la citoarquitectura de la corteza cerebral, definida en muchas especies diferentes. La citoarquitectura es la organización de la corteza según los tejidos que poseen células nerviosas. Las áreas de Brodmann fueron originalmente definidas por Korbinian Brodmann y numeradas de la 1 a la 52. Algunas de estas áreas fueron subdivididas, como por ejemplo la 23, que se divide en 23a y 23b. El que exista el mismo número de áreas en diferentes especies, no necesariamente significa que sean áreas estructuralmente homólogas. Hoy, en muchos casos, no se consideran el mejor método para caracterizar una zona cerebral, pero son útiles por su concisión y popularidad

CNC

Correlatos neurales de la Consciencia. Conjunto mínimo de sucesos o mecanismos neuronales que conjuntamente bastan para una experiencia o percepción consciente específica. En palabras de Koch: *minimal neuronal mechanisms jointly sufficient for any one specific conscious percept* (Fuente: Koch, Christof. 2004. *The Quest for Consciousness. A Neurobiological Approach*. New York.

Roberts & Company Publishers. (De la traducción cast. *La Conciencia. Una Aproximación neurobiológica*. 2005. Barcelona. 1ª ed. Editorial Ariel). Véase Koch (Crick & Koch, 1990; 2012; Tononi & Koch, 2008).

Cognits

Término difundido por Joaquín Fuster que significa redes de neuronas interactivas y solapadas en el córtex cerebral que constituyen las unidades básicas de memoria y conocimiento. Es un concepto más moderno y actualizado, pero parecido, a los qualias*. Para Fuster es una de las bases del nuevo paradigma que propone sobre la mente. Los cognits se organizan jerárquicamente. (Fuente: Fuster, Joaquín M. 2003. *Cortex and Mind. Unifying Cognition*. New York. Oxford University Press (De la 1ª ed. Paperback 2005). Ver también: Fuster, Joaquín M. 2006. *The cognit: A network model of cortical representation*. *Int J Psychophysiol*. 2006 Apr 17).

Default mode network (DMN)

Red de regiones cerebrales que están activas cuando una persona no está pendiente del mundo exterior pero el cerebro se encuentra en lo que podemos decir descanso despierto. Se caracteriza por oscilaciones coherentes que se pueden observar en el EEG por debajo de 0,1 HZ, esto es, una cada 10 segundos aproximadamente. Durante las actividades o acciones conscientes hacia el mundo exterior, suele estar desactivada.

Se cree, aunque no hay unanimidad, que puede estar relacionado este fenómeno con la introspección o pensamientos privados no relacionados con la acción. Por ejemplo, lo que diríamos soñar despiertos, pensar en el futuro o recuperar episodios de nuestra memoria. Se ha asociado también a etapas de la percepción estética. Se relaciona negativamente con estar pendiente de estímulos visuales. Existe la hipótesis de que este sistema genera pensamientos espontáneos relacionados con la creatividad. En todo caso genera actividad cuando parece que no hay un estímulo particular al que responder, aunque hay mucha controversia sobre su significado.

Delta (ondas delta)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con una frecuencia inferior a 4 Hz. Las ondas delta son de gran amplitud. Clásicamente, están asociadas con la fase 3 de sueño profundo, también conocido como sueño lento. Se originan en áreas frontales en adultos y posterior en niños.

Electroencefalografía (EEG)

Es una técnica no invasiva para medir la actividad eléctrica del cerebro (véase la sección sobre EEG para más información). Hans Berger fue el primero en grabar las señales del electroencefalograma en humanos (Berger, 1929). Del artículo original de Berger, ya liberado de derechos, adjunto el primer EEG que se difundió públicamente de un ser humano. La línea inferior es una señal de referencia. La de arriba, es una onda alpha:

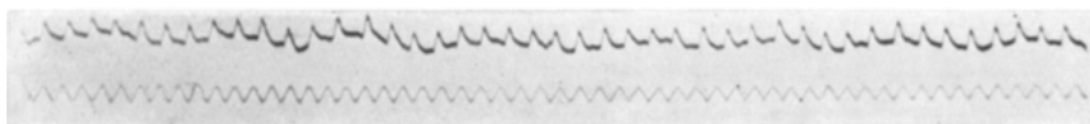


Abb. 4. 40 jähriger Mann. Große linksseitige, von der Stirn bis in die Parietalgegend reichende Knochenlücke. Doppelpulengalvanometer. Kondensation. Nadelelektroden subcutan im Bereich der Knochenlücke, 4,5 cm voneinander entfernt. Oben Schwankungen der epidural abgeleiteten Kurve, unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sekunden.

Electrooculografía (EOG)

Método utilizado para la grabación de los movimientos oculares. El principio técnico se basa en considerar al ojo como un dipolo eléctrico entre el potencial positivo de la córnea y el potencial negativo de la retina. Los principales movimientos oculares serían las sácadas, los movimientos de persecución, convergencia y los vestibulares. El movimiento extraocular que aquí nos interesa, es el parpadeo.

Epochs

El tiempo Epoch es la hora actual medida en número de segundos desde el Epoch Unix. Epoch 0 es enero 1 1970 00:00:00 GMT (ISO 8601: 1970-01-01T00:00:00Z). No se usan segundos bisiestos en el tiempo Unix. *En el análisis de EEG se fraccionan así los tiempos (fragmentos o Epochs) breves para estudios significativos.*

Hora normal	Segundos
1 minuto	60 segundos
1 hora	3600 segundos
1 día	86400 segundos
1 semana	604800 segundos
1 mes (30.44 días)	2629743 segundos
1 año (365.24 días)	31556926 segundos

Véase *Tiempo Unix*.

Eyetracking

Seguimiento de ojos, técnica que mide el movimiento de la mirada de un observador en relación a una disposición visual, ya sea una escena del mundo real, una pantalla de cine o un ordenador. Los sistemas existentes hoy son menos invasivos y más económicos. Uno de los pioneros en la investigación de las escenas de la realidad y el recorrido de nuestra mirada, en concreto en las pinturas y obras de arte, fue el ruso Alfred Yarbus en los años 60 del siglo XX.

Gamma (ondas gamma)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con un rango de frecuencia entre los 30 y los 100 Hz. La frecuencia más común se encuentra en torno a los 40 Hz. Están asociadas a la percepción consciente y el aprendizaje. Se considera que representan a grupos amplios de neuronas organizadas con el objetivo de llevar a cabo una determinada función cognitiva o motora.

Googlearización

Término propuesto por el autor (Martín-Pascual, 2008) para reflejar un cambio en la adquisición del conocimiento. De la pedagogía de datos a la estructuración de los mismos. El docente ya no tiene sentido como fuente de datos, ampliamente superado por el acceso a la web del alumno o investigador. El docente se convierte en un enseñador, un gran filtro de spam... y un estructurador. Hay una presión hacia la transdisciplinariedad en la formación y la investigación, apoyada por las muletas enciclopédicas de la web. El Open source y la wiki serían una manifestación colateral empírica del fenómeno paralelo a las aulas y centros de investigación. Esta palabra no tiene entrada aún en Google (sí recoge, en cambio, googlización, acuñada por el presidente de la Biblioteca Nacional Francesa, Jean- Noël Jeanneney, para referirse al proceso de globalización cultural que produce Google, marginando por el camino a minorías culturales o lingüísticas. Según él, Google prescindiría de multiculturalidad, intercambio o discusión. Los anti-googlearización pretenden frenar la

digitalización de los fondos bibliotecarios por parte de Google. Algunos para hacerlo ellos... cobrando.

Momento

El *momento* en matemáticas y probabilidad es una medida cuantitativa de la forma de un conjunto de puntos. En concreto, en cuanto a la probabilidad de ocurrencia, se distinguen varios momentos. El primer momento sería la media, el segundo momento, la varianza, el tercer momento, la oblicuidad y el cuarto momento la curtosis, una buena medida de la forma de una onda y lo pronunciado de su cresta en una distribución.

Movimiento aparente

Percepción de movimiento fluido entre dos o más imágenes, semejantes y estáticas, presentadas en sucesión temporal adecuada. El fenómeno Beta o movimiento aparente óptimo y el fenómeno Phi o movimiento aparente puro (pure objectless motion) son dos manifestaciones del movimiento aparente.

Mu (ondas mu)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con un rango de frecuencia entre los 7,5 y los 12,5 Hz. Las ondas mu son también conocidas como el ritmo mu. Se originan en el córtex sensorimotor y su supresión está asociada a la actividad en el sistema de neuronas espejo. Actualmente, están siendo utilizadas en el entorno de la interacción cerebro-máquina.

Paradigmas

Realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. (Kuhn, 1962). Esta definición debería despejar la *paradigmitis* que invade a muchos trabajos que ven paradigmas hasta en la sopa. Una de las otras acepciones correctas de paradigma es como ejemplo o modelo en el entorno lingüístico. Aún así, el propio Kuhn se quejaba de la complicación evolutiva del término, cuando reconocía, ya en 1969 en las acotaciones a su libro inicial, que habían encontrado en el libro citado hasta 22 acepciones diferentes para el famoso término.

Paradigmitis

Término propuesto por el autor para significar el abusivo empleo de la palabra *paradigma* hasta despojar de significado al mismo o crear confusiones de categoría o de orden al hablar de cosmovisiones, modelos, teorías o simples modas del momento. Este fenómeno crea un gran daño metodológico y provoca falta de rigor en ciencias sociales.

Persistencia de la Visión

Lo mismo que persistencia retiniana, pero más perspicazmente, retrasando la persistencia del entorno retiniano extrapolándolo al interior de la corteza cerebral, como proceso en exceso simplificado. Véase abajo Persistencia Retiniana.

Persistencia Retiniana

Característica del ojo que produce imágenes remanentes por saturación de los fotorreceptores. A dichas imágenes se les llama post-imágenes (*after images*) o también fosfenos. Durante mucho tiempo, y aún hoy, se ha atribuido a la persistencia retiniana la percepción de las imágenes en movimiento aparente del cine y la televisión. Esto es un error. La percepción del movimiento aparente o real, es un proceso cerebral de nuestro sistema de visión y no tiene mucho que ver con las propiedades o sufrimientos citados de la retina. Como ejemplo,

podemos ver la errónea entrada del diccionario de la Real Academia de la Lengua (Real Academia Española, 2014):

persistencia.

1.f. *Acción y efecto de persistir.*

~ *retiniana.*

1.f. Cinem. *Tiempo durante el que la retina conserva la impresión de las imágenes y que da continuidad a las películas cinematográficas y de televisión.*

Véase también *Persistencia de la Visión.*

Qualia

Sentimientos o sensaciones elementales que constituyen la experiencia consciente. Según Koch y Crick (Koch, 2005). Los *qualia* están en el corazón mismo del problema mente-cuerpo.

Theta (ondas theta)

Patrón de oscilación eléctrica cerebral con un rango de frecuencia entre los 4 y los 7 Hz. Clásicamente, están asociadas con las primeras fases del sueño (1 y 2). Pero hoy han cobrado mucha importancia como reflejo de adquisición de nueva información en el cerebro (Klimesch, 1999). Se originan entre los lóbulos temporal y frontal.

Tiempo Unix

El tiempo UNIX como referente se utiliza para obtener un momento absoluto en la lectura de intensidades de un canal o electrodo del EEG. Es ampliamente utilizado en informática. Según el formato de datos de EEG, frecuentemente, la última columna refleja el tiempo UNIX. Véase *Epochs*

8. Bibliografía citada

- Abelson, M. B. (2011, 13 de junio). It's Time to Think About the Blink. *Review of Ophthalmology*. Recuperado de http://www.reviewofophthalmology.com/content/d/therapeutic_topics/c/28665/
- Addams, R. (1834). An account of a peculiar optical phenomenon seen after having looked at a moving body. *London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, (5), 373–374.
- Addante, R. J., Ranganath, C., & Yonelinas, A. P. (2012). Examining ERP correlates of recognition memory: evidence of accurate source recognition without recollection. *NeuroImage*, 62(1), 439–50. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.031>
- Adelson, E. (1991). Mechanisms for motion perception. *Optics and Photonics News*, (August), 24–30. Recuperado de http://persci.mit.edu/pub_pdfs/photronics91.pdf
- Adelson, E. H., & Bergen, J. R. (1985). Spatiotemporal energy models for the perception of motion. *Journal of the Optical Society of America A, Optics and Image Science, and Vision* 2(2), 284–99. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3973762>
- Ahmed, K. S. (2012). Wheelchair Movement Control VIA Human Eye Blinks. *American Journal of Biomedical Engineering*, 1(1), 55–58. <http://doi.org/10.5923/j.ajbe.20110101.09>
- Al-Abdulmunem, M., & Briggs, S. (1999). Spontaneous Blink Rate of a Normal Population Sample. *International Contact Lens Clinic*, 8967(99). [http://doi.org/10.1016/S0892-8967\(99\)00016-4](http://doi.org/10.1016/S0892-8967(99)00016-4)

- Albright, T. (1999). More than one way to see it move? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(July), 7611–7613. <http://doi.org/10.1073/pnas.96.14.7611>
- Albright, T. D., & Stoner, G. R. (1995). Visual motion perception. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(March), 2433–2440. <http://doi.org/10.1073/pnas.92.7.2433>.
- Allison, B. Z., & Polich, J. (2008). Workload assessment of computer gaming using a single-stimulus event-related potential paradigm. *Biological Psychology*, 77(3), 277–83. <http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.10.014>
- Almendros, N. (1996). *Días de una cámara* (5a ed.). Barcelona: Seix Barral.
- Alonso-López, J. M. (2002). Circuitos visuales: una colección de estrategias para ahorrar tiempo. *Revista de Neurología*, 35(5), 446–451. Recuperado de <http://www.neurologia.com/sec/resumen.php?or=web&i=e&id=2002412>
- Altschuler, E. L., Vankov, A., Hubbard, E. M., Roberts, E., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2000). Mu wave blocking by observation of movement and its possible use as a tool to study theory of other minds. *Neuroscience Meeting Planner*. [Póster]. New Orleans, LA: Society for Neuroscience.
- Ambartsumian, R. V. (1936). On the derivation of the frequently function, of space velocities of the stars from the observed radial velocities. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 96, 172.
- Ambartsumian, R. V. (1998). *A life in astrophysics: selected papers of Viktor A. Ambartsumian* (Vol. 1). New York, NY: Allerton Press.
- Ambartsumian, V.A. (2008). Ambartsumian's view on astronomy of XX century. *Ambartsumian*. Recuperado de <http://ambartsumian.ru/en/papers/epilogue-ambartsumian?-s-paper/>
- Anderson, J., & Anderson, B. (1993). The myth of persistence of vision revisited. *Journal of Film and Video*, 45(1), 3–12. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/20687993>
- Anderson, J. D. (2013). Toward an Ecology of the Arts. En A. P. Shimamura (Ed.), *Psychocinematics. Exploring cognition at the Movies* (pp. 76–93). New York: Oxford University Press.
- Anderson, J., & Fisher, B. (1978). The myth of persistence of vision. *Journal of the University Film Association*, XXX(4), 3–8. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/20687445>
- Andreski, S. (1972). *Social Sciences as Sorcery*. London: André Deutch Ltd.
- Andreu-Sánchez, C., Contreras-Gracia, A., & Martín-Pascual, M. Á. (2014). Situación del neuromarketing en España. *El Profesional de La Información*, 23(2), 151-157. <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2014.mar.07>
- Andreu Sánchez, C., & Martín Pascual, M. Á. (2011). La intertextualidad como nueva herramienta neuroestética de análisis cinematográfico. En I. Bort Gual, S. García Catalán & M. Martín Núñez (eds.) *IV Congreso Internacional sobre análisis fílmico* (pp. 988–999). Castellón de La Plana: Ediciones de Ciencias Sociales de Madrid. <http://doi.org/10.6035/978-84-87510-57-1.2011.81>
- Andreu-Sánchez, C., & Martín-Pascual, M. Á. (2010). Creative Growth Art Center: Cómo el éxito creativo dió paso al éxito social. En *II Congreso sobre daño cerebral adquirido en la Comunidad*

Valenciana Desde el déficit hasta la actividad y participación social Temática: Ocio y Participación Social (pp. 1–7). Castellón de La Plana: Fundació Universitat Empresa Universitat Jaume I.

- Andreu-Sánchez, C., & Martín Pascual, M. Á. (2014). Representation of Neuroscience in Advertising. En M. Grabowski (Ed.), *Neuroscience and Media: New Understandings and Representations*. Routledge. Recuperado de <http://www.routledge.com/books/details/9781138811508/>
- Andreu-Sánchez, C., & Martín-Pascual, M. Á. (2014). La educación audiovisual y la creación de prosumidores mediáticos. Estudio de caso. *adComunica. Revista científica de estrategias, tendencias e innovación en comunicación*, 7, 131-147. <http://dx.doi.org/10.6035/2174-0992.2014.7.8>
- Annese, J., Gazzaniga, M. S., & Toga, A.W. (2005). Localization of the human cortical visual area MT based on computer aided histological analysis. *Cerebral Cortex*, 15(7), 1044–1053. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhh205>
- Aristóteles. (1987). *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de Historia Natural. Acerca de los ensueños*. (E. la Croce & A. Bernabé Pajares, trad.). Madrid: Editorial Gredos. (Reimpresión de *Περὶ γενέσεως καὶ φθορᾶς*, 340aC).
- Arnheim, R. (1957). *Film as Art*. Berkeley, CA: University of California Press, Ltd.
- Arnheim, R. (1989). *Parables of Sun Light: Observations on Psychology, the Arts, and the Rest*. Berkeley & Los Angeles: University of California Press, Ltd.
- Aumont, J. (1992). *La imagen* (A. López Ruiz, trad.). Barcelona: Paidós Ibérica. (Reimpresión de *L'image*, 1990, Paris: Editions Nathan).
- Axenfeld, T., & Pau, H. (1976). *Tratado y atlas de oftalmología* (11a ed.). Madrid: Editorial Paz Montalvo.
- Azevedo, F. C., Carvalho, L. R. B., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E. L., Leite, R. E. P., ... Herculano-Houzel, S. (2009). Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *Journal of Comparative Neurology*, 513(5), 532–541. <http://doi.org/10.1002/cne.21974>
- Babiloni, C., Buffo, P., Vecchio, F., Marzano, N., Percio, C. Del, Spada, D., ... & Perani, D. (2011). Brains “in concert”: Frontal oscillatory alpha rhythms and empathy in professional musicians. *Neuroimage*, Dec 13. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.008>
- Bach, M. (3 de Mayo de 2004). *Enigma. Visual Phenomena & Optical Illusions*. Recuperado de <http://www.michaelbach.de/ot/mot-enigma/index.html>
- Bach-y Rita, P. (2004). Tactile sensory substitution studies. *Annals of the New York Academy of Science*, 1013, 83–91. <http://doi.org/10.1196/annals.1305.006>
- Baker, L., Goldstein, R., & Stern, J. A. (1992). *Saccadic Eye Movements in Deception*. Fort McClellan, Alabama: Washington University Behavior Research Laboratory. Recuperado de <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a304658.pdf>
- Baker, M. (1996). *The polysynthesis parameter*. New York: Oxford University Press, Ed.
- Barbato, G., della Monica, C., Costanzo, A., & De Padova, V. (2012). Dopamine activation in Neuroticism as measured by spontaneous eye blink rate. *Physiology and Behavior*, 105(2), 332–336. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.08.004>

- Barceló, L., & Fernández de Castro, D. (2001). *Monos como Becky. La lobotomía como eje de reflexión sobre locura, medicina y ética a partir del documental de Joaquín Jordá y Nuria Villazán*. Bilbao: Virus Editorial.
- Barcia-Salorio, D. (2004). Introducción histórica al modelo neuropsicológico. *Revista de Neurología*, 39(7), 668–681. Recuperado de: <http://www.neurologia.com/pdf/Web/3907/r070668.pdf>
- Barnouw, E. (2002). *El documental. Historia y Estilo* (A. Báez, trad.). Barcelona: Gedisa. (Reimpresión de *Documentary. A history of non fiction films*, 1974, New York: Oxford University Press).
- Bartels, A., & Zeki, S. (2004). Functional brain mapping during free viewing of natural scenes. *Human Brain Mapping*, 21(2), 75–85. <http://doi.org/10.1002/hbm.10153>
- Bazin, A. (1966). *¿Qué es el cine?* (J.L. López Muñoz, trad.). Madrid: Rialp. (Reimpresión de *Qu'est-ce le cinéma?*, 1962, Paris: Cerf).
- BBC. (2000, 14 de marzo). Taxi drivers' brains 'grow' on the job. *BBC News. World Edition*. [Web log post]. Recuperado de <http://news.bbc.co.uk/2/hi/677048.stm>
- Bednar, J. a., & Miikkulainen, R. (2003). Self-organization of spatiotemporal receptive fields and laterally connected direction and orientation maps. *Neurocomputing*, 52-54(02), 473–480. [http://doi.org/10.1016/S0925-2312\(02\)00735-X](http://doi.org/10.1016/S0925-2312(02)00735-X)
- Bee, M. a, & Micheyl, C. (2009). The “Cocktail Party Problem”: What Is It? How Can It Be Solved? And Why Should Animal Behaviorists Study It? *Journal of Comparative Psychology*, 122(3), 235–251. <http://doi.org/10.1037/0735-7036.122.3.235>.The
- Bell, A. J., & Sejnowski, T. J. (1995). An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution. *Neural Computation*, 7(6), 1129-1159. <http://doi.org/10.1162/neco.1995.7.6.1129>
- Bengtsson, S. L., Nagy, Z., Skare, S., Forsman, L., Forssberg, H., & Ullén, F. (2005). Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature neuroscience*, 8(9), 1148-1150. <http://doi.org/10.1038/nn1516>
- Benítez-Burraco, A. (2007). Genes y lenguaje. *Teorema*, 26(1), 37–71.
- Benítez-Burraco, A. (2009). Bilingüística: A la espera de nuevos datos (biológicos)... para resolver viejas controversias (lingüísticas). *Ludus Vitalis*, 17(32), 411-418. Recuperado de http://ludusvitalis.org/html/textos/32/32-26_burraco.pdf
- Benjamin, W. (1936). *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica* (2003 ed.). Frankfurt: Editorial Itaca.
- Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Archives Für Psychiatrie*, 278(87), 527–570.
- Besson, L. (2014). *LUCY. Universal Studios*. France: Universal Pictures.
- Blake, R., & Shiffrar, M. (2007). Perception of human motion. *Annual Review of Psychology*, 58, 47–73. <http://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190152>
- Blehm, C., Vishnu, S., Khattak, A., Mitra, S., & Yee, R. W. (2005). Computer vision syndrome: a review. *Survey of Ophthalmology*, 50(3), 253–62. <http://doi.org/10.1016/j.survophthal.2005.02.008>

- Block, N. (2009). Comparing the major theories of consciousness. In G. MS (Ed.), *The Cognitive Neurosciences IV*. (pp. 1111–1122). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Bordwell, D. (1989). A Case for Cognitivism. *Iris, A journal of theory of image and sound*, 9, 11-40.
- Bordwell, D. (1990). A Case for Cognitivism: Further Reflections. *Iris, A journal of theory of image and sound*, 11, 107-112.
- Bordwell, D. (2002). Intensified Continuity: Visual Style in Contemporary American Film. *Film Quarterly*, 55(3), 16–28.
- Bordwell, D. (2006). *The Way Hollywood tells it. Story and Style in Modern Movies*. Berkeley & Los Angeles: University of California Press, Ltd.
- Bordwell, D. (2010). The Part-Time Cognitivist: A View from Film Studies. *Projections*, 4(2), 1–18. <http://doi.org/10.3167/proj.2010.040202>
- Bordwell, D. (2013). The Viewer's share: Models of Mind explaining Film. En A. P. Shimamura (Ed.), *Psychocinematics. Exploring cognition at the Movies* (pp. 29–52). New York: Oxford University Press.
- Bordwell, D., Staiger, J., & Thompson, K. (1985). *Classical Hollywood Cinema: Film style and mode of production to 1960*. London: Routledge.
- Bordwell, D., & Thompson, K. (1995). *El arte cinematográfico. Una introducción* (Y. Fontal Rueda, trad.). Barcelona: Paidós. (Reimpresión de *Film Art. An Introduction*, 1979, New York: McGraw-Hill).
- Boring, E. G. (1942). *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. New York: Appleton, Century, Crofts.
- Born, R. T., & Bradley, D. C. (2005). Structure and function of visual area MT. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 157–89. <http://doi.org/10.1146/annurev.neuro.26.041002.131052>
- Borst, A., & Egelhaaf, M. (1989). Principles of visual motion detection. *Trends in Neurosciences*, 12(8), 297-306. [http://doi.org/10.1016/0166-2236\(89\)90010-6](http://doi.org/10.1016/0166-2236(89)90010-6)
- Bowns, L. (2002). Can spatio-temporal energy models of motion predict feature motion? *Vision Research*, 42, 1671–1681. [http://doi.org/10.1016/S0042-6989\(02\)00081-0](http://doi.org/10.1016/S0042-6989(02)00081-0)
- Brattico, E., & Pearce, M. (2013). The neuroaesthetics of music. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 48–61. <http://doi.org/10.1037/a0031624>
- Bristow, D., Frith, C., & Rees, G. (2005). Two distinct neural effects of blinking on human visual processing. *NeuroImage*, 27(1), 136–45. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.03.037>
- Bristow, D., Haynes, J. D., Sylvester, R., Frith, C. D., & Rees, G. (2005). Blinking suppresses the neural response to unchanging retinal stimulation. *Current Biology*, 15(14), 1296–1300. <http://doi.org/10.1016/j.cub.2005.06.025>
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network: Anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1–38. <http://doi.org/10.1196/annals.1440.011>
- Burch, N. (1970). *Praxis du Cinéma*. Paris: Éditions Gallimard.

- Burch, N. (1995). *El tragaluz del infinito. Contribución a la genealogía del lenguaje cinematográfico*. (F. Llinas, trad.). Madrid: Cátedra. (Reimpresión de *La Lucarne de l'infini. Naissance du langage cinématographique*, 1991, Paris: Nathan).
- Busch, N. A., & VanRullen, R. (2010). Spontaneous EEG oscillations reveal periodic sampling of visual attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*(37), 16048–16053. <http://doi.org/10.1073/pnas.1004801107>
- Buxhoeveden, D. P., & Casanova, M. F. (2002). The minicolumn hypothesis in neuroscience. *Brain*, *125*, 935–951.
- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. New York: Oxford University Press.
<http://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195301069.001.0001>
- Buzsáki, G., Anastassiou, C. A., & Koch, C. (2012). The origin of extracellular fields and currents — EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nature Reviews Neuroscience*, *13*(6), 407–420.
<http://doi.org/10.1038/nrn3241>
- Buzsáki, G., Peyrache, A., & Kubie, J. (2015). Emergence of Cognition from Action. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, *79*, 41–50. <http://doi.org/10.1101/sqb.2014.79.024679>
- Byrne, J. (2003). Propagation of the Action Potential. En L. R. Johnson (ed.). *Essential Medical Physiology* (pp. 89-96). (3rd ed.). USA: Elsevier.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2005). Action observation and acquired motor skills: an fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, *15*(8), 1243–1249. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhi007>
- Calvo-Merino, B., Ehrenberg, S., Leung, D. M. H. & Haggard, P. (2010). Experts see it all: configural effects in action observation. *Psychological Research*, *74*(4), pp. 400-406.
<http://doi.org/10.1007/s00426-009-0262-y>
- Calvo-Merino, B., Urgesi, C., Orgs, G., Aglioti, S., & Haggard, P. (2010). Extrastriate body area underlies aesthetic evaluation of body stimuli. *Experimental Brain Research*, *204*(3), 447–456.
<http://doi.org/10.1007/s00221-010-2283-6>
- Cardona, G., Gómez, M., Quevedo, L., & Gispets, J. (2014). Effects of transient blur and VDT screen luminance changes on eyeblink rate. *Contact Lens & Anterior Eye: The Journal of the British Contact Lens Association*, *37*(5), 363–7. <http://doi.org/10.1016/j.clae.2014.05.005>
- Carr, N. (2010). *The shallows. What the Internet is Doing to our Brains*. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Carroll, N. (1998). Film/Mind Analogies: The Case of Hugo Munsterberg. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, *46*(4), 489–499. <http://doi.org/10.2307/431286>
- Carroll, N., & Seeley, W. P. (2013). Cognitivism, Psychology, and Neuroscience: Movies as Attentional Engines. En A. P. Shimamura (Ed.), *Psychocinematics. Exploring cognition at the Movies* (pp. 53–75). New York: Oxford University Press.
- Castet, E., Charton, V., & Dufour, A. (1999). The extrinsic/intrinsic classification of two-dimensional motion signals with barber-pole stimuli. *Vision Research*, *39*, 915–932.
[http://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00146-1](http://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00146-1)

- Castet, E., Jeanjean, S., Montagnini, A., Laugier, D., & Masson, G. S. (2006). Dynamics of attentional deployment during saccadic programming. *Journal of Vision*, 6(3), 196–212. <http://doi.org/10.1167/6.3.2>
- Català, J. M. (2001). *La puesta en imágenes*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Caul, H. (2015, 14 de julio). Walter Murch Biography. IMDb [Página web]. Recuperado de <http://www.imdb.com/name/nm0004555/bio>
- Cavalli-Sforza, L. L., Piazza, a, Menozzi, P., & Mountain, J. (1988). Reconstruction of human evolution: bringing together genetic, archaeological, and linguistic data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85(16), 6002–6006. <http://doi.org/10.1073/pnas.85.16.6002>
- Cela-Conde, C. J., Agnati, L., Huston, J. P., Mora, F., & Nadal, M. (2011). The neural foundations of aesthetic appreciation. *Progress in Neurobiology*, 94(1), 39–48. <http://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2011.03.003>
- Cela-Conde, C. J., García-Prieto, J., Ramasco, J. J., Mirasso, C. R., Bajo, R., Munar, E., ... Maestú, F. (2013). Dynamics of brain networks in the aesthetic appreciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 10454–10461. <http://doi.org/10.1073/pnas.1302855110>
- Centre de Recherches Filmologiques, Presses Universitaires de France (eds.) (1954). Revue Internationale de Filmologie [Cover page]. *Revue Internationale de Filmologie*, V, 16.
- Chambayil, B., Singla, R., & Jha, R. (2010). EEG Eye Blink Classification Using Neural Network. In *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010, 1*. Recuperado de http://www.iaeng.org/publication/WCE2010/WCE2010_pp63-66.pdf
- Changizi, M. A., Zhang, Q., Ye, H., & Shimojo, S. (2006). The Structures of Letters and Symbols throughout Human History Are Selected to Match Those Found in Objects in Natural Scenes. *The American Naturalist*, 167(5), E117-E139. <http://doi.org/10.1086/502806>
- Chater, N., Reali, F., & Christiansen, M. H. (2009). Restrictions on biological adaptation in language evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(4), 1015–1020. <http://doi.org/10.1073/pnas.0807191106>
- Chen, A. C. N., Feng, W., Zhao, H., Yin, Y., & Wang, P. (2008). EEG default mode network in the human brain: Spectral regional field powers. *NeuroImage*, 41(2), 561–574. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.12.064>
- Cheng, Y., Lee, P.-L., Yang, C.-Y., Lin, C.-P., Hung, D., & Decety, J. (2008). Gender differences in the mu rhythm of the human mirror-neuron system. *PloS One*, 3(5), e2113. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0002113>
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, (25), 975–979.
- Chumerin, N., Manyakov, N. V., Combaz, A., Suykens, J. A. K., Yazicioglu, R. F., Torfs, T., ... Van Hulle, M. M. (2009). P300 Detection Based on Feature Extraction in On-line Brain-Computer Interface. *Lecture Notes in Computer Science*, 5803, 339–346. http://doi.org/10.1007/978-3-642-04617-9_43

- Cochin, S., Barthelemy, C., Roux, S., & Martineau, J. (1999). Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, *11*, 1839–1842. <http://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1999.00598.x>
- Cohen-Séat, M. G., Gastaut, H. J., & Bert, J. (1954). Modification de l'E.E.G. pendant la projection cinématographique. *Revue Internationale de Filmologie*, *5*(16).
- Collura, T. F. (1993). History and evolution of electroencephalographic instruments and techniques. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *10*(4), 476–504. <http://doi.org/10.1097/00004691-199310000-00007>
- Cooper, R. (1985). This Week's Citation Classic: Contingent negative variation: Walter W G, Cooper R, Aldridge V J, McCallum W C, Winter W G. An electrical sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Current Contents*, *21*, 25. Recuperado de <http://garfield.library.upenn.edu/classics1985/A1985AHJ7800001.pdf>
- Corbetta, M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., Ollinger, J. M., Drury, H. a., ... Shulman, G. L. (1998). A common network of functional areas for attention and eye movements. *Neuron*, *21*(4), 761–773. [http://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80593-0](http://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80593-0)
- Crick, F., & Koch, C. (1990). Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars in the Neurosciences*, *2*, 263–275. Recuperado de http://profiles.nlm.nih.gov/SC/B/C/F/D/_/scbcfd.pdf
- Crick, F., & Koch, C. (1992). El problema de la consciencia. *Investigación y Ciencia*, *194*, 115-122. Recuperado de <http://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/numero/194/el-problema-de-la-consciencia-4987>
- Cruz, A. A., Garcia, D. M., Pinto, C. T., & Cechetti, S. P. (2011). Spontaneous Eyeblink Activity. *The Ocular Surface*, *9*(1), 29–41. [http://doi.org/10.1016/S1542-0124\(11\)70007-6](http://doi.org/10.1016/S1542-0124(11)70007-6)
- Culham, J., He, S., Dukelow, S., & Verstraten, F. A. (2001). Visual motion and the human brain: what has neuroimaging told us? *Acta Psychologica*, *107*(1-3), 69–94. [http://doi.org/doi:10.1016/S0001-6918\(01\)00022-1](http://doi.org/doi:10.1016/S0001-6918(01)00022-1)
- Curran, W., Hibbard, P. B., & Johnston, A. (2007). The visual processing of motion-defined transparency. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *274*(1613), 1049–1057. <http://doi.org/10.1098/rspb.2006.0260>
- Cutting, J., Brunick, K., & Candan, A. (2012). Perceiving event dynamics and parsing Hollywood films. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*(6), 1476-1490. <http://dx.doi.org/10.1037/a0027737>
- Cutting, J. E. (2005). Perceiving Scenes in Film and in the World. En J. Anderson & B. Fisher Anderson (Eds.), *Moving image theory: Ecological considerations* (pp. 9–27). Illinois: Southern Illinois University.
- Cutting, J. E., Brunick, K. L., DeLong, J. E., Iricinschi, C., & Candan, A. (2011). Quicker, faster, darker: Changes in Hollywood film over 75 years. *I-Perception*, *2*(6), 569–76. <http://doi.org/10.1068/i0441aap>

- Cutting, J., DeLong, J., & Brunick, K. (2011). Visual activity in Hollywood film: 1935 to 2005 and beyond. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 5(2), 115-125.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0020995>
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. (1965th ed.). London, UK: University Chicago Press.
- Delgado-García, J. M. (2000). Why move the eyes if we can move the head? *Brain Research Bulletin*, 52(6), 475-482. [http://doi.org/10.1016/S0361-9230\(00\)00281-1](http://doi.org/10.1016/S0361-9230(00)00281-1)
- Delgado-García, J. M. (2003). Participación del cerebelo y del hipocampo en el condicionamiento clásico del reflejo corneal. *Salud Mental*, 26(1), 1-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/582/58212601.pdf>
- Delgado-García, J. M. (2008). *Lenguajes del cerebro*. España: Letra Aurea.
- Delgado-García, J. M. (2015). Cajal and the Conceptual Weakness of Neural Sciences. *Frontiers in Neuroanatomy*, 9(128), 1–9. <http://doi.org/10.3389/fnana.2015.00128>
- Delgado-García, J. M., & Gruart, A. (1999). Participación del cerebelo en la generación de respuestas reflejas y aprendidas del párpado. *Revista de Salud Mental*, 22(Número Especial Diciembre), 23–28.
- Delgado-García, J. M., & Gruart, A. (2006). Building new motor responses: eyelid conditioning revisited. *Trends in Neurosciences*, 29(6), 330–8. <http://doi.org/10.1016/j.tins.2006.05.003>
- Delgado-García, J. M., Gruart, A., & Múnera, A. (2002). Neural organization of eyelid responses. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 17 Suppl 2, S33–6. <http://doi.org/10.1002/mds.10055>
- DeLong, J., Brunick, K., & Cutting, J. (2014). Film through the human visual system: finding patterns and limits. En J.C. Kaufman & D.K. Simonton (eds.) *The Social Science of Cinema* (pp. 123-137). New York: Oxford University Press.
- Delorme, A. & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. <http://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Delorme, A., Mullen, T., Kothe, C., Akalin Acar, Z., Bigdely-Shamlo, N., Vankov, A., & Makeig, S. (2011). EEGLAB, SIFT, NFT, BCILAB, and ERICA: new tools for advanced EEG processing. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011 (130714), 1–12. <http://doi.org/10.1155/2011/130714>
- Department of Labor, U. S. (2015, 4 de septiembre). American Time Use Survey Summary 2014 [Página web]. Recuperado de <http://www.bls.gov/news.release/atus.t11.htm>
- Destexhe, A., & Bedard, C. (2014). Local Field Potentials (LFP). En Jaeger, D. & Jung, R. (eds.). *Encyclopedia of Computational Neuroscience*. (pp. 1-11). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. http://doi.org/10.1007%2F978-1-4614-7320-6_548-1
- Dileep, G. (2008). *How the brain might work: a Hierarchical and Temporal Model for Learning and Recognition*. (Tesis doctoral). Stanford: Stanford University.

- Dileep, G., & Hawkins, J. (2005). A hierarchical Bayesian model of invariant pattern recognition in the visual cortex. *IEEE Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 3, 1812–1817.
- Divjak, M., & Bischof, H. (2009). Eye blink based fatigue detection for prevention of Computer Vision Syndrome. *MVA LAPR Conference on Machine Vision Applications*, 350–353. Recuperado de <http://www.mva-org.jp/Proceedings/2009CD/papers/10-04.pdf>
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale*, 91(1), 176–180. <http://doi.org/10.1007/BF00230027>
- Dmytryk, E. (1984). *On film editing*. Oxford: Focal Press. Elsevier.
- Donnellan, A., Grant Ludwig, L., Rundle, J., Wang, J., Pierce, M., Blewitt, G., & Hensley, S. (2015). Potential for a large earthquake near Los Angeles inferred from the 2014 La Habra earthquake. *Journal of Earth and Space Science*, 2, 378–385. <http://doi.org/10.1002/2015EA000113>
- Domingue, E., & Rardon, J. (2002, 11 de enero). Hugo Munsterberg [Página web]. Recuperado de <http://legacy.earlham.edu/~dominel/webpage.htm>
- Drew, G. (1951). Variations in reflex blink-rate during visual-motor tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 3(2), 73-88. <http://doi.org/10.1080/17470215108416776>
- Dudai, Y. (2008). Enslaving central executives: toward a brain theory of cinema. *Projections*, 2(2), 21-42. <http://dx.doi.org/10.3167/proj.2008.020203>
- Dudai, Y. (2012). The cinema-cognition dialogue: a match made in brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(September), 248. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00248>
- Dudley Andrew, J. (1978). *Las principales teorías cinematográficas* (H. Alsina Thevenet, trad.). Barcelona: Gustavo Gili (Reimpresión de *The Major Film Theories. An Introduction*, 1976, New York: Oxford University Press Inc.).
- Dukelow, S. P., DeSouza, J. F., Culham, J. C., van den Berg, a V, Menon, R. S., & Vilis, T. (2001). Distinguishing subregions of the human MT+ complex using visual fields and pursuit eye movements. *Journal of Neurophysiology*, 86(4), 1991–2000. Recuperado de <http://jn.physiology.org/content/86/4/1991.long>
- Durant, S., & Zanker, J. M. (2009). Characterizing motion contour detection mechanisms and equivalent mechanisms in the luminance domain. *Journal of Vision*, 9(1), 36.1–16. <http://doi.org/10.1167/9.1.36>
- Eagleman, D. M. (2001). Visual illusions and neurobiology. *Nature Reviews. Neuroscience*, 2(12), 920–6. <http://doi.org/10.1038/35104092>
- Edelman, G. M. (2006). *Second Nature. Brain Science and Human Knowledge*. New Haven London.: Yale University Press.
- Ehrenstein, W., Spillmann, L., & Sarris, V. (2003). Gestalt issues in modern neuroscience. *Axiomathes*, 13(3-4), 433–458. <http://dx.doi.org/10.1023/B%3AAXIO.0000007203.44686.aa>
- Eisenstein, S. M. (1991). *Towards a Theory of Montage. Selected works S. M. Eisenstein*. London: British Film Institute.

- Elleberg, D., Lewis, T. L., Dirks, M., Maurer, D., Ledgeway, T., Guillemot, J.-P., & Lepore, F. (2004). Putting order into the development of sensitivity to global motion. *Vision Research*, *44*(20), 2403–2411. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2004.05.006>
- Epstein, R. A. (2008). Parahippocampal and retrosplenial contributions to human spatial navigation. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(10). <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.004>
- Etcheverry, J. (2000). *La Magia de Ascanio. La Concepción Estructural de la Magia. Su Pensamiento Teórico – Mágico*. Madrid: Ediciones Laura Avilés.
- Evinger, C., Manning, K., & Sibony, P. (1991). Eyelid Movements. Mechanisms and Normal Data. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *32*(2), 387–400. Recuperado de <http://www.iovs.org/content/32/2/387.short>
- Fahle, M., & Poggio, T. (1981). Visual hyperacuity: spatiotemporal interpolation in human vision. *Proceedings of the Royal Society of London B*, *213*, 415–477. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.1981.0075>
- Falck-Ytter, T., Fernell, E., Hedvall, A. L., von Hofsten, C., & Gillberg, C. (2012). Gaze performance in children with autism spectrum disorder when observing communicative actions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(10), 2236–45. <http://doi.org/10.1007/s10803-012-1471-6>
- Fedele, J. (2001). Going Digital. The Principles of moving pictures. In M. Grotticelli (Ed.), *American Cinematographer Video Manual*. Hollywood, California: The ASC (American Society of Cinematographers) Press.
- Feldman, J. A. (2005). On intelligence as memory. *Artificial Intelligence*, *169*(2), 181–183. <http://doi.org/10.1016/j.artint.2005.10.010>
- Feyerabend, P. (1975). *Against Method*. London: NLB ed.
- Fisch, B. J., & Spehlmann, R. (1999). *Fisch and Spehlmann's EEG primer: basic principles of digital and analog EEG*. London: Elsevier Health Sciences.
- Fisher, N., & Zanker, J. (2001). The directional tuning of the barber-pole illusion. *Perception*, *30*(11), 1321–1336. <http://doi.org/10.1068/p3156>
- Fisher, S. E. (2006). Tangled webs: Tracing the connections between genes and cognition. *Cognition*, *101*(2, september 2006), 270–297. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.04.004>
- Fisher-Anderson, B. (1999). La investigación fílmica y la promesa de un paradigma cognitivo. *Signo Y Pensamiento*, *35*(18), 25–32. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/signoypensamiento/article/view/2988>
- Fisher, S.E., Vargha-Khadem, F., Watkins, K., Monaco, A., & Pembrey, M. (1998). Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder. *Nature Genetics*, *(18)*, 168–170. <http://doi.org/10.1038/ng0298-168>
- Fitzpatrick, E., Hohl, N., Silburn, P., O’Gorman, C., & Broadley, S. a. (2012). Case-control study of blink rate in Parkinson’s disease under different conditions. *Journal of Neurology*, *259*(4), 739–744. <http://doi.org/10.1007/s00415-011-6261-0>

- Fogarty, C., & Stern, J. A. (1989). Eye movements and blinks: their relationship to higher cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 8, 35–42. [http://doi.org/10.1016/0167-8760\(89\)90017-2](http://doi.org/10.1016/0167-8760(89)90017-2)
- Foiret, J. & Brochard, P. (1995). *Els germans Lumière i el cinema* (Ajuntament de Girona, trad.). Girona: Editons Nathan & Ajuntament de Girona. (Reimpresión de *Les Frères Lumière et Le Cinéma*, 1992, Paris: Editions Nathan).
- Franckowiak, F. (2007). *Clase: Fisiología Ocular*. Perú: Universidad Nacional mayor de San Marcos. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/archivospdf/03fisio_ocular.pdf
- Frank, L. (2009). *Mindfield: How Brain Science is Changing our world*. Oxford: Oneworld Publications.
- Fraps, T., Thun, H., & Willich, J. (1999). *El Libro. O No Olvides Señalar*. (O. alemán adaptado de los F. F. 1997 *Das Buch*, Ed.). Madrid: . Ediciones Laura Avilés.
- Fukuda, K. (1994). Analysis of eyeblink activity during discriminative tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 79(3 Pt 2), 1599–1608. <http://doi.org/10.2466/pms.1994.79.3f.1599>
- Fulton, J. T. (2005). Processes in biological vision [Página web]. Recuperado de <http://neuronresearch.net/vision/>
- Fulton, J. T. (2009). The Standardized Human Eye. Measured values for in vivo humans except as noted. En *Processes in Biological Vision* (Vol. 1). Corona del mar, California: Vision Concepts.
- Furman, O., Dorfman, N., Hasson, U., Davachi, L., & Dudai, Y. (2007). They saw a movie: long-term memory for an extended audiovisual narrative. *Learning & Memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 14(6), 457–67. <http://doi.org/10.1101/lm.550407>
- Fuster, J. (2003). *Cortex and Mind. Unifying Cognition* (1ª ed.). New York: Oxford University Press.
- Fuster, J. (2006). Cortical Dynamics of Working Memory. In *Lecture 8 of 12 of IBM Research's Almaden Institute Conference on Cognitive Computing*. San Jose, California: IBM Research.
- Fuster, J. (2009). Cortex and memory: emergence of a new paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(11), 2047–2072. <http://doi.org/10.1162/jocn.2009.21280>
- Galifret, Y. (2006). Visual persistence and cinema? *Comptes Rendus Biologie. Académie Des Sciences*, 329(5), 369–385. <http://doi.org/10.1016/j.crvi.2006.03.008>
- Ganti, K. (2004, April). In conversation with Walter Murch [Página web]. Recuperado de <http://filmsound.org/murch/interview-with-walter-murch.htm>
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 23(27), 9240–9245. Recuperado de <http://www.jneurosci.org/content/23/27/9240.long>
- Gastaut, H. J., & Bert, J. (1954). EEG changes during cinematographic presentation (moving picture activation of the EEG). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 6(3), 433–444. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(54\)90058-9](http://doi.org/10.1016/0013-4694(54)90058-9)

- Germeys, F. & d'Ydewalle, G. (2007). The psychology of film: perceiving beyond the cut. *Psychological Research*, 71(4): 458-466. <http://doi.org/10.1007/s00426-005-0025-3>
- Gibson, J. J. (1950). *The Perception of the Visual World* (The Rivers). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. New York: Taylor & Francis.
- Giraldo, E., Acosta, C. D., & Castellanos-Domínguez, G. (2010). Estimación Dinámica Neuronal a partir de Señales Electroencefalográficas sobre un Modelo Realista de la Cabeza. *Revista Tecnológica*, 25, 151–167. Recuperado de http://www.itm.edu.co/Revista_Tecnologicas/pdf/25Articulo08.pdf
- Givon, T. (2002). *Bio-Linguistics. The Santa Barbara Lectures*. Philadelphia, USA: C. John Benjamins Publishing Company.
- Goethe, J. W. von (1999). *Teoría de los colores* (Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, ed.). Madrid. Celeste Ediciones, Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Murcia. (Reimpresión de *Zur Farbenlehre*, 1810, Safeln).
- Goldsmith, T. H. (2006). What Birds See. Evolution has endowed birds with a system of color vision that surpasses that of all mammals, including humans. *Scientific American*, 295 (julio), 68-75. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican0706-68>
- Gomez-Ramirez, J. (2012). Inverse Thinking in Economic Theory: A Radical Approach to Economic Thinking. *General Finance*, University of Cornell, USA. Recuperado de <http://arxiv.org/pdf/1208.3460v1.pdf>
- Gopnik, M. (1990). Feature-blind grammar and dysphasia. *Nature*, 344 (abril), 715. <http://doi.org/10.1038/344715a0>
- Gopnik, M., Dalalakis, J., Fukuda, S. (1997). The biological basis of language: Familial language impairment. In M. Gopnik (Ed.), *The inheritance and innateness of grammars*. New York: Oxford University Press.
- Gori, S., Hamburger, K., & Spillmann, L. (2006). Reversal of apparent rotation in the Enigma-figure with and without motion adaptation and the effect of T-junctions. *Vision Research*, 46(19), 3267-3273. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2006.03.009>
- Gori, S., & Stubbs, A. (2014). Motion illusions as a psychophysical tool to investigate the visual system. En A. Geremek, M. W. Greenlee, & S. Magnussen (Eds.), *Perception Beyond Gestalt. Exploration in cognitive Psychology* (pp. 128–143). New York: Psychology Press.
- Gratton, G., & Fabiani, M. (2010). Fast optical imaging of human brain function. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4(52), 1–9. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00052>
- Grau, C., Ginhoux, R., Riera, A., Nguyen, T. L., Chauvat, H., Berg, M., ... Ruffini, G. (2014). Conscious Brain-to-Brain Communication in Humans Using Non-Invasive Technologies. *Plos One*, 9(8), e105225. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0105225>
- Green, C., & Bavelier, D. (2006). The cognitive neuroscience of video games. En M. & Humphrey (Ed.), *Digital media: Transformations in Human Communication* (pp. 211–224). New York: Peter Lang Publishing Inc.

- Greenfield, P. M. (1991). Language, tools and brain: The ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior. *Behavioral and Brain Sciences*, 14(4), 531–595. <http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X00071235>
- Gregory, R. L. (2005). *Eye and Brain. The Psychology of Seeing* (5^a ed.). New York: Oxford University Press Inc.
- Greicius, M. D., Krasnow, B., Reiss, A. L., & Menon, V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(1), 253–258. <http://doi.org/10.1073/pnas.0135058100>
- Griffith, J. W., Zinbarg, R. E., Craske, M. G., Mineka, S., Rose, R. D., Waters, a M., & Sutton, J. M. (2010). Neuroticism as a common dimension in the internalizing disorders. *Psychological Medicine*, 40(7), 1125–1136. <http://doi.org/10.1017/S0033291709991449>
- Gross, C. G. (2002). Genealogy of the “grandmother cell”. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 8(5), 512–518. <http://doi.org/10.1177/107385802237175>
- Gruart, A., Guillazo-Blanch, G., Fernández-Mas, R., Jiménez-Díaz, L., & Delgado-García, JM. (2000). Cerebellar posterior interpositus nucleus as an enhancer of classically conditioned eyelid responses in alert cats. *Journal of Neurophysiology*, 84(5), 2680–2690. Recuperado de <http://jn.physiology.org/content/84/5/2680.short>
- Gruart, A., Muñoz, M. D., & Delgado-García, J. M. (2006). Involvement of the CA3-CA1 synapse in the acquisition of associative learning in behaving mice. *The Journal of Neuroscience*, 26(4), 1077–87. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2834-05.2006>
- Gubern, R. (1986). *Historia del Cine. Vol. I* (4^a ed.). Barcelona: Danae, S.A.
- Gubern, R. (1992). *La mirada opulenta. Exploración de la iconosfera contemporánea* (2^a ed.). Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.
- Hagoort, P. (2005). On Broca, brain and binding: A new framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 78–84. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2005.07.004>
- Haas, L. (2003). Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 74(1), 9–9. <http://doi.org/10.1136/jnnp.74.1.9>
- Hall, A. (1945). The origin and purposes of blinking. *The British Journal of Ophthalmology*, 29(9), 445-467. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC510520/>
- Hamilton, D., Albrecht, D., & Geisler, W. (1989). Visual cortical receptive fields in monkey and cat: spatial and temporal phase transfer function. *Vision Research*, 29(10), 1285–1308. [http://doi.org/10.1016/0042-6989\(89\)90186-7](http://doi.org/10.1016/0042-6989(89)90186-7)
- Harnecker, M. (1969). *Los conceptos elementales del materialismo histórico*. Coyoacán, México: Siglo XXI editores.
- Hassabis, D., Kumaran, D., Vann, S. D., & Maguire, E. a. (2007). Patients with hippocampal amnesia cannot imagine new experiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(5), 1726–1731. <http://doi.org/10.1073/pnas.0610561104>

- Hassenstein, V. B., & Reichardt, W. (1956). Systemtheoretische Analyse der Zeit-, Reihenfolgen- und Vorzeichenauswertung bei der Bewegungspertzeption des Rüsselkäfers *Chlorophanus*. *Zeitschrift für Naturforschung B*, *11*(9), 513-524. Recuperado de http://zfn.mpg.de/data/Reihe_B/11/ZNB-1956-11b-0513.pdf
- Hasson, U., Furman, O., Clark, D., Dudai, Y., & Davachi, L. (2008a). Enhanced intersubject correlations during movie viewing correlate with successful episodic encoding. *Neuron*, *57*(3), 452–62. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.12.009>
- Hasson, U., Landesman, O., Knappmeyer, B., Vallines, I., Rubin, N., & Heeger, D. J. (2008b). Neurocinematics: The Neuroscience of Film. *Projections*, *2*(1), 1–26. <http://doi.org/10.3167/proj.2008.020102>
- Hasson, U., Malach, R., & Heeger, D. J. (2010). Reliability of cortical activity during natural stimulation. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(1), 40–8. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2009.10.011>
- Hasson, U., Nir, Y., Levy, I., Fuhrmann, G., & Malach, R. (2004). Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *Science (New York, N.Y.)*, *303*(5664), 1634–40. <http://doi.org/10.1126/science.1089506>
- Hawkins, J., Ahmad, S., & Dubinsky, D. (2011). *Hierarchical Temporal Memory including HTM Cortical Learning Algorithms* (No. Versión 0.2.1.). Redwood City, California: Numenta.
- Hawkins, J., & Blakeslee, S. (2004). *On Intelligence*. New York: Henry Holt and Company.
- Haykin, S., & Chen, Z. (2005). The Cocktail Party Problem. *Neural Computation*, *17*(9), 1875–1902. <http://doi.org/10.1162/0899766054322964>
- Hill, N. M., & Schneider, W. (2006). Brain changes in the development of expertise: Neuroanatomical and neurophysiological evidence about skill-based adaptations. En Ericsson, A. Charness, N, Feltovich, P.J. & Hoffman, R.R. (eds.) *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 653-682). New York: Cambridge University Press.
- Hirsch, P. (1996). Book Review. In The Blink of an Eye. *The Motion Picture Editors Guild Newsletter*, *17*(2 March/April). Recuperado de <http://www.editorsguild.com/v2/magazine/Newsletter/murch.html>
- Hobbs, R., Frost, R., Davis, A., & Stauffer, J. (1988). How First-Time Viewers Comprehend Editing Conventions. *Journal of Communication*, *38*(4), 50–60. <http://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1988.tb02069.x>
- Hoffmann, U., Garcia, G., Vesin, J. M., Diserens, K., & Ebrahimi, T. (2005, March). A boosting approach to P300 detection with application to brain-computer interfaces. *Conference Proceedings. 2nd International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering*, 97-100. <http://doi.org/10.1109/CNE.2005.1419562>
- Holland, M. K., & Tarlow, G. (1975). Blinking and thinking. *Perceptual and Motor Skills*, *(41)*, 403–406. <http://doi.org/10.2466/pms.1975.41.2.403>
- Holland, M., & Tarlow, G. (1972). Blinking and mental load. *Psychological Reports*, *31*, 119-127. <http://doi.org/10.2466/pr0.1972.31.1.119>

- Huang, L., Treisman, A., & Pashler, H. (2007). Characterizing the limits of human visual awareness. *Science (New York, N.Y.)*, 317(5839), 823–5. <http://doi.org/10.1126/science.1143515>
- Hubbard, E. M. (2003). A discussion and review of Uttal (2001), “The New Phrenology”. *Cognitive science online*, 1, 22–33. Recuperado de <http://cogsci-online.ucsd.edu/1/1-3.pdf>
- Hubbard, E., & Ramachandran, V. (2003). The Phenomenology of Synaesthesia. *Journal of Consciousness Studies*, 10(8), 49–57. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/2003/00000010/00000008/art00003>
- Hubel, D. H. (2000). *Ojo, cerebro y visión* (M. Vidal Sanz, S. Martínez-Conde & M.P. Villegas Pérez, trad.). Murcia: Universidad de Murcia. (Reimpresión de *Eye, Brain and Vision*, 1995, New York: W. H. Freeman and Company. Scientific American Library).
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1959). Receptive Fields of Single Neurones in the Cat’s Striate Cortex. *Journal of Physiology*, 148(3), 574–591. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1363130/>
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1962). Receptive Fields, Binocular Interaction and Functional Architecture in Cat’s Visual Cortex. *Journal of Physiology*, 160(1), 106–154.2. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1359523/>
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1965). Receptive Fields and Functional Architecture in Two Nonstriate Visual Areas (18 and 19) of the Cat. *Journal of Neurophysiology*, 28(2), 229–289. Recuperado de <http://jn.physiology.org/content/28/2/229>
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1969). Visual Area of the Lateral Suprasylvian Gyrus (Clare-Bishop Area) of the Cat. *Journal of Physiology*, 202(1), 251–260. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5770897>
- Hull, L. W. H. (1959). *History and Philosophy of Science*. London: Longmans, Green and Co. Ltd.
- Hunt, J. L. (2003). The Roget Illusion, the anorthoscope and the persistence of vision. *American Journal of Physics*, 71(8). <http://doi.org/10.1119/1.1575766>
- Huston, J., & Long, R. E. (2001). *John Huston: Interviews*. Mississippi, E.E.U.U.: University Press of Mississippi.
- Hyvärinen, A., & Oja, E. (2000). Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural Networks : The Official Journal of the International Neural Network Society*, 13(4-5), 411–30. [http://doi.org/10.1016/S0893-6080\(00\)00026-5](http://doi.org/10.1016/S0893-6080(00)00026-5)
- Ildirar, S., & Schwan, S. (2014). First-time viewers’ comprehension of films: Bridging shot transitions. *British Journal of Psychology*, 106(1), 133–151. <http://doi.org/10.1111/bjop.12069>
- Inda, M. C., Delgado-García, J. M., & Carrión, A. M. (2005). Acquisition, consolidation, reconsolidation, and extinction of eyelid conditioning responses require de novo protein synthesis. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 25(8), 2070–80. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4163-04.2005>
- Ito, T., Mita, S., Kozuka, K., Nakano, T., & Yamamoto, S. (2002). Driver blink measurement by the motion picture processing and its application to drowsiness detection, 168–173. <http://doi.org/10.1109/ITSC.2002.1041208>

- Jabr, F. (2011, 8 de diciembre). Cache Cab: Taxi Drivers' Brains Grow to Navigate London's Streets. *Scientific American*. [Web log post]. Recuperado de: <http://www.scientificamerican.com/article/london-taxi-memory/>
- Javor, A., Koller, M., Lee, N., Chamberlain, L., & Ransmayr, G. (2013). Neuromarketing and consumer neuroscience: contributions to neurology. *BMC Neurology*, 13, 13. <http://doi.org/10.1186/1471-2377-13-13>
- Johnson, J., & Littlefield, M. (2011). Lost and Found in Translation: Popular Neuroscience in the Emerging Neurodisciplines. En M. Pickersgill, I. Van Keulen (eds.) *Sociological Reflections on the Neurosciences (Advances in Medical Sociology, Volume 13)* (pp. 279-297). Reino Unido: Emerald Group Publishing Limited.
- Johnston, P. R., Rodriguez, J., Lane, K. J., Ousler, G., & Abelson, M. B. (2013). The interblink interval in normal and dry eye subjects. *Clinical Ophthalmology*, 7, 253-259. <http://doi.org/10.2147/OPHTH.S39104>
- Jones, D. E. (1994). Las revistas internacionales de comunicación y los nuevos retos. *Telos. Cuadernos de Comunicación, Tecnología Y Sociedad*, 39. Recuperado de http://telos.fundaciontelefonica.com/telos/anteriores/num_039/index_039.html?actuali_revista_s1.html
- Jones, S. R., Pritchett, D. L., Sikora, M. a, Stufflebeam, S. M., Hämäläinen, M., & Moore, C. I. (2009). Quantitative analysis and biophysically realistic neural modeling of the MEG mu rhythm: rhythogenesis and modulation of sensory-evoked responses. *Journal of Neurophysiology*, 102(6), 3554-3572. <http://doi.org/10.1152/jn.00535.2009>
- Junceda-Moreno, J., Junceda-Moreno, C., Suárez-Suárez, E., Vidal-Sánchez, J. A., & Junceda-Avello, J. M. (2001). El empleo de las postimágenes en el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer. *Revista de Neurología*, 32, 38-41. Recuperado de <http://www.revneurol.com/sec/resumen.php?id=2000221#>
- Kaiser, M. D., & Shiffrar, M. (2009). The visual perception of motion by observers with autism spectrum disorders: a review and synthesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 761-77. <http://doi.org/10.3758/PBR.16.5.761>
- Kanizsa, G. (1980). *Grammatica del vedere. Saggi su percezione e gestalt*. Bologna: Società editrice il Mulino.
- Karson, C., Berman, K., & Donnelly, E. (1981). Speaking, thinking, and blinking. *Psychiatry Research*, 5(3), 243-246. [http://doi.org/10.1016/0165-1781\(81\)90070-6](http://doi.org/10.1016/0165-1781(81)90070-6)
- Keller, K. L. (2008). *Strategic Brand Management: Building, Measuring, and Managing Brand Equity*. (4a ed). New Jersey: Pearson/Prentice Hall, Ed.
- Khushaba, R. N., Wise, C., Kodagoda, S., Louviere, J., Kahn, B. E., & Townsend, C. (2013). Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3803-3812. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.095>
- Kirk, U., Skov, M., Schram Christensen, M., & Nygaard, N. (2008). Brain correlates of aesthetic expertise: A parametric fMRI study. *Brain and Cognition*, 69, 306-315. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.004>

- Kirk, U., Skov, M., Hulme, O., Christensen, M. S., & Zeki, S. (2009). Modulation of aesthetic value by semantic context: an fMRI study. *NeuroImage*, *44*(3), 1125–32. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.009>
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*. [http://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](http://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
- Kneessi, D. F. (2006). *PSYography: Hugo Munsterberg* [Página web]. Recuperado de <http://faculty.frostburg.edu/mbradley/psyography/hugomunsterberg.html>
- Knyazev, G. G., Slobodskoj-Plusnin, J. Y., Bocharov, A. V., & Pylkova, L. V. (2011). The default mode network and EEG alpha oscillations: An independent component analysis. *Brain Research*, *1402*, 67–79. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.05.052>
- Koch, C. (2005). *La consciencia. Una aproximación neurobiológica* (J. Soler, trad). Barcelona: Ariel. (Reimpresión *The Quest for Consciousness. A Neurobiological Approach*, 2004, New York: Roberts & Company Publishers).
- Koch, K., McLean, J., Segev, R., Freed, M. a, Berry, M. J., Balasubramanian, V., & Sterling, P. (2006). How much the eye tells the brain. *Current biology*, *16*(14), 1428-1434. <http://doi.org/10.1016/j.cub.2006.05.056>
- Koenig, T. (2014). Basic Principles of EEG and MEG Analysis. *Report*. Department of Psychiatric Neurophysiology, University Hospital of Psychiatry, Bern, Switzerland.
- Koppelman, C. (2005). *Behind the seen: how Walter Murch edited Cold Mountain using Apple's final cut pro and what this means for cinema*. New Riders: Pearson Education, Ed.
- Kottlow, M., Praeg, E., Luethy, C., & Jancke, L. (2011). Artists' advance: decreased upper alpha power while drawing in artists compared with non-artists. *Brain Topography*, *23*, 392–402. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007/s10548-010-0163-9>
- Kozlyaninova, T. V., & Suntsov, G. D. (1967). The EEG U16-02 16-channel electroencephalograph. *Biomedical Engineering*, *1*(1), 20–23. <http://doi.org/10.1007/BF00561598>
- Krings, T., Töpper, R., Foltys, H., Erberich, S., Sparing, R., Willmes, K., & Thron, A. (2000). Cortical activation patterns during complex motor tasks in piano players and control subjects. A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, *278*(3), 189–93. [http://doi.org/10.1016/S0304-3940\(99\)00930-1](http://doi.org/10.1016/S0304-3940(99)00930-1)
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (3ª ed.). Chicago and London: Univ. of Chicago Press.
- Kuleshov, L. (1974). *Kuleshov on film. Writings of Lev Kuleshov*. (R. Levaco, Ed.). Berkeley, CA: University of California Press, Ltd.
- Kuroki, Y. (2010). Development of the High Frame Rate 3D System. *Proc. 1st Brazil/Japan Symposium on Advances in Digital Television*, 1-4. Recuperado de http://www.sbjtvd.org.br/2010/anais/development_of_the_high_frame_rate_3d_system.pdf
- La Croce, E., & Bernabé Pajares, A. (1987). Introducción de la edición española Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural. En Aristóteles. *Acerca de la*

generación y la corrupción. *Tratados breves de historia natural* (E. la Croce & A. Bernabé Pajares, trad.). Madrid: Editorial Gredos. (Reimpresión de *Περὶ γενέσεως καὶ φθορᾶς*, 340aC).

- La Mettrie, J. O. (1961). *L'homme machine*. (A. Cappeletti, Ed.) Paris: Editorial Universitaria de Buenos Aires. (Reimpresión de *L'homme machine*, 1748, Leyde: Elie Luzac).
- Lai, C.S.L., Fisher, S. E., Hurst, J. A., Vargha-Khadem, F. & Monaco, A. P. (2001). A forkhead domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature*, 413, 519-523. <http://doi.org/10.1038/35097076>
- Land, E. H. (1977). The retinex theory of color vision. *Scientific American*, 237(6), 108–128. Recuperado de <http://www.scientificamerican.com/magazine/sa/1977/12-01/>
- Land, E. H. (1983). Recent advances in retinex theory and some implications for cortical computations: color vision and the natural image. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(16), 5163–5169. <http://doi.org/10.1073/pnas.80.16.5163>
- Lee, N., Broderick, A. J., & Chamberlain, L. (2007). What is “neuromarketing”? A discussion and agenda for future research. *International Journal of Psychophysiology*, 63(2), 199–204. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.03.007>
- Lee, T. W., Ziehe, A., Orglmeister, R., & Sejnowski, T. (1998). Combining time-delayed decorrelation and ICA: Towards solving the cocktail party problem. *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 2(JUNE), 1249–1252. <http://doi.org/10.1109/ICASSP.1998.675498>
- Lehmann, D., Ozaki, H., & Pal, I. (1987). EEG alpha map series: brain micro-states by space-oriented adaptive segmentation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67(3), 271–288. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(87\)90025-3](http://doi.org/10.1016/0013-4694(87)90025-3)
- Leslie, A. M., & Keeble, S. (1987). Do six-month-old infants perceive causality? *Cognition*, 25, 265–288. [http://doi.org/10.1016/S0010-0277\(87\)80006-9](http://doi.org/10.1016/S0010-0277(87)80006-9)
- Lettvin, J. Y., Maturana, H. R., McCulloch, W. S., & Pitts, W. H. (1959). What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain. *Proceedings of The IRE*, 3(1), 1940–1951. <http://doi.org/10.1109/JRPROC.1959.287207>
- Leveratto, J.-M. (2009). The Revue internationale de filmologie and the Birth of the Sociology of Cinema in France. *Cinemas: Revue D'études Cinématographiques*, 19(2-3), 183. <http://doi.org/10.7202/037553ar>
- Lévi-Strauss, C. (1988). *Tristes trópicos* (N. Bastard, trad.). Barcelona: Paidós Ibérica. (Reimpresión de *Tristes Tropiques*, 1955, Paris: Plon).
- Leviant, I. (1982). Illusory motion within still pictures: the L-Effect. *Leonardo*, 15(3), 222–223.
- Leviant, I. (1996). Does 'brain-power' make Enigma Spin? *Proceedings B. The Royal Society* (263), 1373, 997-1001. <http://doi.org/10.1098/rspb.1996.0147>
- Levin, D. T., & Wang, C. (2009). Spatial Representation in Cognitive Science and Film. *Projections*, 3(1), 24–52. <http://doi.org/10.3167/proj.2009.030103>

- Levin, D., & Varakin, D. (2004). No pause for a brief disruption: Failures of visual awareness during ongoing events. *Consciousness and Cognition*, 13(2), 363-372. <http://doi.org/10.1016/j.concog.2003.12.001>
- Libet, B., Gleason C.A., Wright, E. W., & Pearl D.K. (1983). Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act. *Brain. A Journal of Neurology*, 106(3), 623-642. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/106.3.623>
- Lin, C., Ko, L., & Chiou, J. (2008). Noninvasive neural prostheses using mobile and wireless EEG. *Proceedings of the IEEE*, 96(7). Recuperado de http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4534850
- Liu, C., Freeman, W. T., & Adelson, E. H. (2007). Analysis of Contour Motions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 19, 1, 913–920. Recuperado de <http://papers.nips.cc/paper/3040-analysis-of-contour-motions>
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of Depth: Form, Anatomy, Color, Physiology, and Movement, and Perception. *Science. New Series*, 240(4853), 740–749. <http://doi.org/10.1126/science.3283936>
- Longa, V. M. (2003). Genètica i llenguatge. *Mètode. Del crit a la paraula Fonaments biològics del llenguatge*, 39(otoño). Recuperado de <http://metode.cat/Revistes/Monografics/Del-crit-a-la-paraula/Genetica-i-llenguatge>
- Lorenzo, G. (2009). Darwin y la facultad (no tan) humana del lenguaje. *Ludus Vitalis*, 17 (32), 361–372.
- Lotze, M., Scheler, G., Tan, H.-R. ., Braun, C., & Birbaumer, N. (2003). The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery. *NeuroImage*, 20(3), 1817–1829. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.018>
- Lu, Z., & Sperling, G. (2001). Three-systems theory of human visual motion perception: review and update. *Journal of the Optical Society of America*, 18(9), 2331–2370. <http://doi.org/10.1364/JOSAA.18.002331>
- Lu, Z.-L., & Sperling, G. (2002). Stereomotion is processed by the third-order motion system: reply to comment on “Three-systems theory of human visual motion perception: review and update.” *Journal of the Optical Society of America A*, 19(10), 2144. <http://doi.org/10.1364/JOSAA.19.002144>
- Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique* (2^a ed.). Cambridge, Massachussets: MIT Press.
- Macknik, S., King, M., Randi, J., Apollo Robbins, T., Thompson, J., & Martínez-Conde, S. (2008). Attention and awareness in stage magic: turning tricks into research. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(nov), 871-879. <http://doi.org/10.1038/nrn2473>
- Maestu, F., González-Marqués, J., Marty, G., Nadal, M., Cela-Conde, C. J., & Ortiz, T. (2005). La magnetoencefalografía: una nueva herramienta para el estudio de los procesos cognitivos básicos. *Psicothema*, 17(3), 459–464. Recuperado de <http://www.psicothema.com/pdf/3129.pdf>
- Magliano, J. P. J., & Zacks, J. M. J. (2011). The impact of continuity editing in narrative film on event segmentation. *Cognitive Science*, 35(8), 1489–517. <http://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01202.x>

- Maguire, E. A. (1994). Real-world spatial memory following temporal-lobe surgery in humans. (Tesis doctoral, University College Dublin, Ann Arbor, USA). Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/301509150?accountid=15292>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(8), 4398–403. <http://doi.org/10.1073/pnas.070039597>
- Maguire, E. A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2006). London Taxi Drivers and Bus Drivers: A Structural MRI and Neuropsychological Analysis. *Hippocampus*, 16(12), 1091–1101. <http://doi.org/10.1002/hipo.20233>
- Maiche Marini, A. (2002). *Tiempo de reacción al inicio del movimiento: un estudio sobre la percepción de velocidad*. (tesis doctoral) Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/4738>
- Makeig, S. (1993). Auditory Event-Related Dynamics of the EEG Spectrum and Effects of Exposure to Tones. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86 (4), 283–293. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(93\)90110-H](http://doi.org/10.1016/0013-4694(93)90110-H)
- Makeig, S., Bell, A., Jung, T. P., & Sejnowski, T. J. (1996). Independent component analysis of electroencephalographic data. En D. Touretzky, M. Mozer, & H. Hasselmo (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 8* (pp. 145–151). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Makeig, S., Jung, T.-P., Bell, A. J., Ghahremani, D., & Sejnowski, T. J. (1997). Blind separation of auditory event-related brain responses into independent components. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(20), 10979–10984.
- Makeig, S., Debener, S., Onton, J., & Delorme, A. (2004). Mining event-related brain dynamics. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(5), 204–210. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2004.03.008>
- Makeig, S., & Onton, J. (2009). ERP features and EEG dynamics: an ICA perspective. En S. J. Luck & E. Kappenman (Eds.), *Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. (pp. 51-88). New York: Oxford University Press.
- Malik, A. S., Fawzy, S. M., Osman, D. A., & Khairuddin, R. N. H. R. (2012). Effect of movie clips on human brain. *4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012) Conference on IEEE*, 1, 95–99. <http://doi.org/10.1109/ICIAS.2012.6306167>
- Manoilov, P. (2006). EEG eye-blinking artefacts power spectrum analysis. *International Conference on Computer Systems and Technologies. CompSysTech'06*, IIIA.3-1 - IIIA.3-5. Recuperado de <http://ecet.ecs.uni-ruse.bg/cst06/Docs/cp/SIII/IIIA.3.pdf>
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York: Freeman.
- Marshall, P. J., & Meltzoff, A. N. (2011). Neural mirroring systems: Exploring the EEG mu rhythm in human infancy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1(2), 110–123. <http://doi.org/10.1016/j.dcn.2010.09.001>
- Martin, M. (2002). *El Lenguaje del Cine*. (M. R. Segura, trad.) (5ª ed.). Barcelona: Gedisa. (Reimpresión de *Le langage cinématographique*, 1955, Paris: Les Éditions du CERF).

- Martín-Pascual, M. A. (2006). *La Mirada Inagotable sobre la Ventana Animada. Paisajes de Atención El Ojo cazador contra misdirection mágica*. (Trabajo predoctoral no publicado). Bellaterra, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martín-Pascual, M. A. (2008). *La Persistencia Retiniana y El Fenómeno φ (Phi) como error en la explicación del Movimiento Aparente en Cinematografía y Televisión*. (Tesis doctoral). Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Recuperado de http://www.cac.cat/pfw_files/cma/premis_i_ajuts/treball_guanyador/Menci__Miguel_A__Martin.pdf
- Martín-Pascual, M. A., & Andreu-Sánchez, C. (2013). La teoría del marco de memoria-predicción y los cognits en el origen y la organización cortical del lenguaje. *Onomázein Revista de Lingüística, Filología Y Traducción*, 28, 14–28. <http://doi.org/10.7764/onomazein.28.8>
- Martín-Pascual, M. A., & Andreu-Sánchez, C. (2014). El arte en personas con problemas neurológicos. Caso de estudio. En *Gestión Arte Ventura* (coord.), *2o Congreso Internacional de Espacios de Arte y Salud* (pp. 60-64). Denia: Marina Salud.
- Martín-Pascual, M. A., & Andreu-Sánchez, C. (2015). Entre la neurociencia y la comunicación: nuevas áreas de conocimiento. En A. Mendieta Ramírez & C. J. Santos Martínez (coords.). *Líneas emergentes en la investigación de vanguardia*. (pp. 363-376). Madrid: McGrawHill.
- Martín-Pascual, M. A., Andreu-Sánchez, C., Santos Naharro, J. A., Gruart Massó, A., & Delgado-García, J. M. (2011). Device for animal experimentation in neuroscience research. *European Patent Office*. Spain. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/0bd1e9255834214b9658/EP2735265A1.pdf>
- Martínez-Conde, S. (2006). Fixational eye movements in normal and pathological vision. *Progress in Brain Research*, 154, 151–176. [http://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)54008-7](http://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)54008-7)
- Martínez-Conde, S., & Macknik, S. L. (2008). Magic and the Brain. *Scientific American*, 299, 72–79. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican1208-72>
- McCabe, D. P., & Castel, A. D. (2008). Seeing is believing: The effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition*, 107(1), 343–352. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.07.017>
- McClure, S. M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K. S., Montague, L. M., & Montague, P. R. (2004). Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks. *Neuron*, 44(2), 379–387. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.019>
- McFarland, D. J., Miner, L. A., Vaughan, T. M., & Wolpaw, J. R. (2000). Mu and beta rhythm topographies during motor imagery and actual movements. *Brain Topography*, 12(3), 177–186. <http://doi.org/10.1007/s00221-009-2062-4>
- McIntosh, A. R., Grady, C. L., Ungerleider, L., Haxby, J., Rapoport, S. I., & Horwitz, B. (1994). Network analysis of cortical visual pathways mapped with PET. *The Journal of Neuroscience*, 14(2), 655–666. Recuperado de <http://www.jneurosci.org/content/14/2/655.short>
- Melchner, L. von, Pallas, S. L., & Sur, M. (2000). Visual behaviour mediated by retinal projections directed to the auditory pathway. *Nature*, 404(6780), 871–876. <http://doi.org/10.1038/35009102>
- Metz, C. (1973). *Lenguaje y cine*. (J. Urrutia, trad.). Barcelona: Planeta. (De la reimpresión *Langage et cinéma*, 1971, Paris: Librairie Larousse.

- Metz, C. (2002). *Ensayo sobre la significación en el cine (1964-1968). Volumen 1.* (C. Roche, trad.). Barcelona: Paidós Comunicación. (Reimpresión de *Essais sur la signification au cinema. Tome 1*, 1968, Paris: Editions Klincksiek).
- Michel, C. M., & Murray, M. M. (2012). Towards the utilization of EEG as a brain imaging tool. *NeuroImage*, *61*(2), 371–385. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.039>
- Milner, D. A., & Goodale, M. A. (2006). *The Visual Brain in Action*. Norfolk, Britain.: Oxford University Press.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2015). Medios de Comunicación 2010-2011. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t12/a110/a01/&file=pcaxis>
- Mitry, J. (1967). *Historie du cinéma. Art et Industrie. I. 1895-1914*. Paris: Editions universitaires.
- 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. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01061.x>
- Morcom, A. M., & Fletcher, P. C. (2007a). Cognitive neuroscience: The case for design rather than default. *NeuroImage*, *37*(4), 1097–1099. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.07.018>
- Morcom, A. M., & Fletcher, P. C. (2007b). Does the brain have a baseline? Why we should be resisting a rest. *NeuroImage*, *37*(4), 1073–1082. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.09.013>
- Moser, M. B., Moser, E. I., Forrest, E., Andersen, P., & Morris, R. G. (1995). Spatial learning with a minislab in the dorsal hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *92*(21), 9697–9701.
- Most, S. B. (2010). What’s “inattentive” about inattentive blindness? *Consciousness and Cognition*, *19*(4), 1102–1104. <http://doi.org/10.1016/j.concog.2010.01.011>
- Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained Inattentive Blindness for Dynamic Events. *Perception*, *28*(9), 1059–1074.
- Mountcastle, V. B. (1978). An organizing principle for cerebral function: the unit module and the distributed system. En G.M. Edelman & V.B. Mountcastle. *The Mindful Brain*. Cambridge: MIT Press.
- Mountcastle, V. B. (1997). The columnar organization of the neocortex. *Brain*, *120*(4), 701–722. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/120.4.701>
- Mountcastle, V. B. (1998). *Perceptual Neuroscience. The cerebral cortex*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Mountcastle, V. B. (2003). Introduction (special issue). *Cerebral Cortex*, *13*(1), 2-4. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/13.1.2>
- Movshon, J. A., Adelson, E. H., Gizzi, M., & Newsome, W. T. (1985). The Analysis of Moving Visual Patterns. En C. Chagas, R. Gattass & C. Gross (eds). *Pattern Recognition Mechanism. Experimental Brain Research Supplementum 11*. Roma: Springer-Verlag Italia Srl. 117-151.

- Muthukumaraswamy, S. D., Johnson, B. W., & McNair, N. A. (2004). Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cognitive Brain Research*, *19*(2), 195–201. <http://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.12.001>
- Mullen, T., Delorme, A., Kothe, C., & Makeig, S. (2010). An electrophysiological information flow toolbox for EEGLAB. *Biological Cybernetics*, *83*, 35-45
- Munar, E., Nadal, M., Castellanos, N. P., Flexas, A., Maestú, F., Mirasso, C., & Cela-Conde, C. J. (2012). Aesthetic appreciation: event-related field and time-frequency analyses. *Frontiers in Human Neuroscience*, *5*(January), 1–11. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00185>
- Munar, E., Nadal, M., Rosselló, J., Flexas, A., Moratti, S., Maestú, F., ... Cela-Conde, C. J. (2012). Lateral Orbitofrontal Cortex Involvement in Initial Negative Aesthetic Impression Formation. *PLoS ONE*, *7*(6), 1–7. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0038152>
- Münsterberg, H. (1914). *Psychology, General and Applied*. New York: Appleton and Company.
- Münsterberg, H. (1916). *The Photoplay*. New York: Appleton and Company.
- Muñoz, J., & Sacristán, C. (2004). Patologías del lenguaje: un debate neurolingüístico. *Métode: Anuario 2004*, 141-146. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2011207>
- Murch, W. (1995). *In the blink of an eye: A perspective on film editing* (2nd ed.). Beverly Hills, California: Silman-James Press.
- Murch, W. (1998). Restoring the Touch of Genius to a Classic. *The New York Times*, p. II 1. New York.
- Murch, W. (2005, abril). Womb Tone. Dense Clarity-Clear Density. *The Transom Review. Review Literature And Arts Of The Americas*, *5*(1), 1–19. Recuperado de http://transom.org/wp-content/uploads/2005/04/200504.review.murch_.pdf
- Murphy, A. D. (2014). Motion Picture. En *Encyclopædia Britannica* (On line). Chicago, Illinois: Encyclopædia Britannica, Inc. Recuperado de <http://global.britannica.com/art/motion-picture>
- Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschappen (2001). Joseph Plateau. Phenakistoscope [Web log post]. Recuperado de <http://www.mhsgent.ugent.be/engl-plat5.html>
- Nadal, M., & Pearce, M. T. (2011). The Copenhagen Neuroaesthetics Conference: prospects and pitfalls for an emerging field. *Brain and Cognition*, *76*(1), 172–83. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.01.009>
- Nakano, T., Kato, M., & Morito, Y. (2013). Blink-related momentary activation of the default mode network while viewing videos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(2), 702-706. <http://doi.org/10.1073/pnas.1214804110>
- Nakano, T., Kato, N., & Kitazawa, S. (2011). Lack of eyeblink entrainments in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, *49*(9), 2784–2790. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.007>
- Nakano, T., & Kitazawa, S. (2010). Eyeblink entrainment at breakpoints of speech. *Experimental Brain Research*, *205*(4), 577–81. <http://doi.org/10.1007/s00221-010-2387-z>

- Nakano, T., Yamamoto, Y., Kitajo, K., Takahashi, T., & Kitazawa, S. (2009). Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 276(1673), 3635–44. <http://doi.org/10.1098/rspb.2009.0828>
- Nature Neuroscience. (2004). Brain scam? (Editorial), 7(7), 683.
- Neuroelectrics (2013). NIC [Software informático]. Recuperado de <http://www.neuroelectrics.com>
- Niso, G., Bruña, R., Pereda, E., Gutiérrez, R., Bajo, R., Maestú, F., & del-Pozo, F. (2013). HERMES: towards an integrated toolbox to characterize functional and effective brain connectivity. *Neuroinformatics*, 11(4), 405-434. <http://doi.org/10.1007/s12021-013-9186-1>
- Noë, A. (2010). Fuera de la cabeza. Porqué no somos el cerebro y otras lecciones de la biología de la consciencia. (N. d'Amonville Alegría, trad.). Barcelona: Kairós. (Reimpresión de *Out of Our Heads. Why are you not your brain and other lessons from the biology of consciousness*, 2010, New York: Hill and Wang).
- Noland, K. C. (2014). *The Application of Sampling Theory to Television Frame Rate Requirements* (No. 282). London: BBC.
- Nyssonen, P. (1998). Film Theory at the Turning Point of Modernity. *Film-Philosophy*, 2(31). Recuperado de <http://www.film-philosophy.com/vol2-1998/n31nyssonen>
- Oberman, L. M., McCleery, J. P., Hubbard, E. M., Bernier, R., Wiersema, J. R., Raymaekers, R., & Pineda, J. A. (2013). Developmental changes in mu suppression to observed and executed actions in autism spectrum disorders. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(3), 300–304. <http://doi.org/10.1093/scan/nsr097>
- O'Connor, C., Rees, G., & Joffe, H. (2012). Neuroscience in the Public Sphere. *Neuron*, 74(2), 220-226. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.04.004>
- Ondaatje, M. (2007). El Arte del Montaje. Una conversación entre Walter Murch y Michael Ondaatje. (A. Pradera, trad.). Madrid: Plot Ed. (Reimpresión de *The Conversations: Walter Murch and the Art of Editing Film*, 2002, London: Faber and Faber.
- Onton, J., & Makeig, S. (2006). Information-based modeling of event-related brain dynamics. *Progress in brain research*, 159, 99–120. [http://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)59007-7](http://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)59007-7)
- Oostenvelt, R., Delorme, A. & Makeig, S. (2003). Dipfit: Equivalent dipole source localization of independent components. [Página web]. Recuperado de: <http://sccn.ucsd.edu/eeglab/dipfittut/dipfit.html>
- Opris, I., & Casanova, M. F. (2014). Prefrontal cortical minicolumn: From executive control to disrupted cognitive processing. *Brain*, 137(7), 1863–1875. <http://doi.org/10.1093/brain/awt359>
- Pajula, J., Kauppi, J., & Tohka, J. (2012). Inter-subject correlation in fMRI: Method validation against stimulus-model based analysis. *PloS One*. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0041196>
- Palacios, L. (2002). Breve historia de la electroencefalografía. *Acta Neurológica Colombiana*, 2, 104–107. Recuperado de http://www.acnweb.org/acta/2002_18_2_104.pdf
- Palau-Baduell, M., Valls-Santasusana, A., & Salvadó-salvadó, B. (2011). Trastornos del espectro autista y ritmo mu . Una nueva perspectiva neurofisiológica. *Revista de Neurología*, 52(Supl 1), 141–146.

- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, *392*(6678), 811–4. <http://doi.org/10.1038/33918>
- Park, M., Gutyrchik, E., Bao, Y., Zaytseva, Y., Carl, P., Welker, L., ... Meindl, T. (2014). Differences between musicians and non-musicians in neuro-affective processing of sadness and fear expressed in music. *Neuroscience Letters*, *566*, 120–124. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.02.041>
- Pascual-Marqui, R. D. (1999). Review of Methods for Solving the EEG Inverse Problem. *International Journal of Bioelectromagnetism*, *1*(1), 75–86.
- Pascual-Marqui, R. D., Esslen, M., Kochi, K., & Lehmann, D. (2002). Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, *24*(Suppl C), 91-95.
- Patterson, R. (2002). Three-systems theory of human visual motion perception: review and update: comment. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, Image Science, and Vision*, *19*(10), 2142–3; discussion 2144–53. <http://doi.org/10.1364/JOSAA.19.002142>
- Perception Research Systems (2007). Paradigm Stimulus Presentation [Software informático]. Recuperado de: <http://www.paradigmexperiments.com>
- Perry, A., & Bentin, S. (2009). Mirror activity in the human brain while observing hand movements: A comparison between EEG desynchronization in the mu-range and previous fMRI results. *Brain Research*, *1282*, 126–132. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.05.059>
- Pesin, J. (2007). *Detection and Removal of Eyeblink Artifacts from EEG using Wavelet Analysis and Independent Component Analysis*. Rochester, New York: Kate Gleason College of Engineering Rochester Institute of Technology.
- Petisco Rodríguez, J. M. (2015). La neurociencia al servicio de la seguridad nacional. La “prueba de la P300”. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*, *8*, 1–10. Recuperado de <http://www.ieee.es/contenido/noticias/2015/01/DIEEEO08-2015.html>
- Pfurtscheller, G. (1977). Graphical display and statistical evaluation of event-related desynchronization (ERD). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *43*(5), 757–760. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(77\)90092-X](http://doi.org/10.1016/0013-4694(77)90092-X)
- Pfurtscheller, G., Brunner, C., Schlögl, a., & Lopes da Silva, F. H. (2006). Mu rhythm (de)synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks. *NeuroImage*, *31*(1), 153–159. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.003>
- Pfurtscheller, G., & Lopes Da Silva, F. H. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: Basic principles. *Clinical Neurophysiology*, *110*(11), 1842–1857. [http://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00141-8](http://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00141-8)
- Pineda, J. A. (2005). The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing.” *Brain Research Reviews*, *50*(1), 57–68. <http://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.04.005>
- Pinker, S. (1991). Rules of language. *Science*, *253*(5019), 530–535. <http://doi.org/10.1126/science.1857983>

- Pitzalis, S., Sereno, M. I., Committeri, G., Fattori, P., Galati, G., Patria, F., & Galletti, C. (2010). Human v6: the medial motion area. *Cerebral Cortex*, *20*(2), 411–424. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhp112>
- Plassmann, H., Ramsøy, T. Z., & Milosavljevic, M. (2012). Branding the brain: A critical review and outlook. *Journal of Consumer Psychology*, *22*(1), 18–36. <http://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.11.010>
- Plateau, J. (1829). *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue*. (Tesis doctoral). Liege, Bélgica: University library, Ghent. Recuperado de <http://www.mhsgent.ugent.be/engl-plat3.html>
- Plateau, J. (1833). Des illusions d'optique sur lesquelles se fonde le petit fouet appelé récemment phénakisticope. *Annales de Physique et de Chimie*, *53*, 304.
- Plöchl, M., Ossandón, J., & König, P. (2012). Combining EEG and eye tracking: identification, characterization, and correction of eye movement artifacts in electroencephalographic data. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 278. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00278>
- Preminger, S. (2012). Transformative art: art as means for long-term neurocognitive change. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*(April), 96. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00096>
- Purkinje, J. E. (1820). Beiträge zur näheren Kenntniss des Schwindels aus heautognostischen Daten. *Medicinische Jahrbücher des kaiserlich-königlichen österreichischen Staates*, *6*, 79–125.
- Purves, D., & Lotto, B. (2003). *Why We See What We Do. An Empirical Theory of Vision*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer associates Inc.
- Purves, D., Paydarfar, J. A., & Andrews, T. J. (1996). The wagon wheel illusion in movies and reality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *93*(8), 3693–3697. <http://doi.org/10.1073/pnas.93.8.3693>
- Rabiger, M. (1998). *Directing the Documentary* (3rd ed.). London: Butterwoth-Heinemann, Department Reed Educational & Professional Publishing Ltd.
- Racine, E., Waldman, S., Rosenberg, J., & Illes, J. (2010). Contemporary neuroscience in the media. *Social Science and Medicine*, *71*(4), 725–733. <http://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.05.017>
- Raichle, M. E., MacLeod, a M., Snyder, a Z., Powers, W. J., Gusnard, D. a, & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *98*(2), 676–682. <http://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Ramachandran, V. (2000, 31 de mayo). Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind “the great leap forward” in human evolution. Recuperado de <http://edge.org/conversation/mirror-neurons-and-imitation-learning-as-the-driving-force-behind-the-great-leap-forward-in-human-evolution>
- Ramachandran, V. (2003). *The Emerging Mind*. London: Profile Books, Ed.
- Ramachandran, V. S. (2006, 10 de enero). Mirror Neurons and the Brain in the Vat. Edge: The Third Culture. [Web log post]. Recuperado de http://edge.org/3rd_culture/ramachandran06/ramachandran06_index.html
- Ramachandran, V. S. (2011). *The Tell-Tale Brain*. New York: W.W. Norton & Company Inc.

- Ramachandran, V., & Azoulay, S. (2006). Synesthetically induced colors evoke apparent-motion perception. *Perception, 35*(11), 1557–1560. <http://doi.org/10.1068/p5565>
- Ramachandran, V., & Hirstein, W. (1999). The Science of Art A Neurological Theory of Aesthetic Experience. *Journal of Consciousness Studies, 6*(6-7), 15–51. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/1999/00000006/F0020006/949>
- Ramachandran, V., & Hubbard, E. (2001). Synaesthesia—A Window Into Perception, Thought and Language. *Journal of Consciousness Studies, 8*(12), 3–34. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/2001/00000008/00000012/1244>
- Ramachandran, V. S., & Oberman, L. M. (2006). Broken Mirrors: A Theory of Autism. *Scientific American, 295*(5), 62–69. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican1106-62>
- Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D. C., Cobb, S. (1995). Touching the phantom limb. *Nature, 377*, 489–490. <http://doi.org/10.1038/377489a0>
- Ramos-Zúñiga, R., & Villaseñor-Cabrera, T. J. (2011). Psico y neurobiología del lenguaje y la comunicación humana. En Viguera (ed.), *Master Internacional en Psicobiología y Neurociencia* (pp. 734–769). Barcelona: Viguera Ed. SL.
- Ramsay, T. (1926). The Motion Pictures. Reprint of two works, originally published separately, 1926 and 1947. En C. Lyndon King, F. A. Tichenor, & G. S. Watkins (Eds.), *The Motion Picture in Its Economic and Social Aspects*. New York: Arno Press.
- Rattan, A., & Eberhardt, J. L. (2010). The role of social meaning in inattention blindness: When the gorillas in our midst do not go unseen. *Journal of Experimental Social Psychology, 46*(6), 1085–1088. <http://doi.org/10.1016/j.jesp.2010.06.010>
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin, 124*(3), 372–422. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23rd ed.). Madrid: Espasa Libros, S. L. U.
- Reichardt, W. (1961). Autocorrelation, a principle for evaluation of sensory information by the central nervous system. En W.A. Rosenblith. *Sensory Communication* (pp. 303–317). Cambridge, Massachusetts: MIT Press. <http://doi.org/10.7551/mitpress/9780262518420.003.0017>
- Reisz, K., & Millar, G. (1971). *The technique of film editing*. New York: Hastings House, Publishers, Inc.
- Rensink, R. a., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1996). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Investigative Ophthalmology and Visual Science, 37*(3). <http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00427.x>
- Rhodes, C. (2000). *Outsider Art. Spontaneous Alternatives*. London: Thames & Hudson Ltd.
- Riambau, E. (2011). *Hollywood en la era digital. De Jurassic Park a Avatar*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Riambau, E. (2015). *Las cosas que hemos visto. Welles y Falstaff*. Málaga: Luces de Gálibo.

- Riambau, E., Salvadó, G., & Torreiro, M. (2006). A mí la normalidad no me gusta. Un largo encuentro con Joaquín Jordá. *Nosferatu. Revista de Cine*, (52), 40–79. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/41456>
- Ridder, W., & Tomlinson, A. (1997). A comparison of saccadic and blink suppression in normal observers. *Vision Research*, 37(22), 3171–3179. [http://doi.org/10.1016/S0042-6989\(97\)00110-7](http://doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00110-7)
- Cataneo, L., & Rizzolatti, G. (2009). The mirror-neuron system. *Archives of Neurology*, 66(5), 557–560. <http://doi.org/10.1001/archneurol.2009.41>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192. <http://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rizzolatti, G., & Fabbri-Destro, M. (2010). Mirror neurons: From discovery to autism. *Experimental Brain Research*, 200(3-4), 223–237. <http://doi.org/10.1007/s00221-009-2002-3>
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131–41. [http://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](http://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Neuroscience*, 2(September), 661–670. <http://doi.org/10.1038/35090060>
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2006). Mirrors in the Mind. *Scientific American*, 295, 54–61. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican1106-54>
- Roberts, A. (2002). *The Film Look: It's Not Just Jerky Motion...* London: BBC R&D White Paper.
- Roget, P. (1825). Explanation of an optical deception in the appearance of the spokes of a wheel seen through vertical apertures. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115(1825), 131–140. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/107736>
- Rose, D., & Blake, R. (1998). Motion perception: from phi to omega. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 353(1371), 967–80. <http://doi.org/10.1098/rstb.1998.0261>
- Rose, F. C. (2004). *Neurology of the arts: painting, music, literature*. London: Imperial College Press.
- Rottach, K. G., Das, V. E., Wohlgemuth, W., Zivotofsky, a Z., & Leigh, R. J. (1998). Properties of horizontal saccades accompanied by blinks. *Journal of Neurophysiology*, 79(6), 2895–2902. Recuperado de <http://jn.physiology.org/content/79/6/2895.long>
- Rucci, M., & Desbordes, G. (2003). Contributions of fixational eye movements to the discrimination of briefly presented stimuli. *Journal of Vision*, 3(11), 852–64. <http://doi.org/10.1167/3.11.18>
- Sacks, O. (2005). *Un antropólogo en Marte. Siete relatos paradójicos*. (D. Alou, trad.) (4ª ed.). Barcelona: Anagrama. (Reimpresión de *An Anthropologist on Mars. Seven Paradoxical Tales*, 1995, New York: Alfred A. Knopf).
- Sacks, O. (2006). *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*. (J. M. Álvarez Flórez, trad.) (7ª ed.). Barcelona: Anagrama. (Reimpresión de *The Man Who Mistook His Wife For a Hat*, 1985, Londres: Gerald Duckworth).

- Sacks, O. (2010). *The mind's eye* (Borzoi Boo). New York: Random House Inc.
- Sadoul, G. (1948). *Histoire Générale du Cinéma.1. L'invention du cinéma. 1832-1897*. Paris: Editions Denoël.
- Salas, M. (2003). *Genética y Lenguaje. Discurso leído el día 4 de junio de 2003 en su recepción pública por la Excmo. Sra. Doña Margarita Salas Falgueras y contestación del Excmo. Sr. Don Gregorio Salvador Caja*. Madrid: Real Academia Española. Recuperado de http://www.rae.es/sites/default/files/Discurso_Ingreso_Margarita_Salas.pdf
- Salazar, C. (2011). La neurociencia del consumidor como horizonte de investigación , conceptos y aplicaciones . Un enfoque paradigmático Consumer Neuroscience as a reserach issue , approach. *La Neurociencia Del Consumidor Como Horizonte de Investigación, Conceptos Y Aplicaciones. Un Enfoque Paradigmático*, 21(21), 143–166. Recuperado de <http://revistas.uosario.edu.co/index.php/empresa/article/download/1906/1683>
- Sánchez-Campusano, R., Caro-Martín, C. R., Delgado-García, J. M., & Gruart, A. (2014). The Timing of Learned Eyelid Responses Depends on Causality in the Cerebellar-red-nucleus-motoneuron Network. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 126, 259–268. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.404>
- Schneider, K. S. (1998). Michael J. Fox Faces An Uncharted Future with Courage and Compassion as He Confronts a Cruel Foe: Parkinson's Disease. *People Magazine*, 50(21). Recuperado de <http://www.people.com/people/archive/article/0,,20127002,00.html>
- Schwan, S., & Ildirar, S. (2010). Watching Film for the First Time How Adult Viewers Interpret Perceptual Discontinuities in Film. *Psychological Science*, 21(7), 970–976. <http://doi.org/10.1177/0956797610372632>
- Sekuler, R. (1995). Motion Perception as a Partnership: Exogenous and Endogenous Contributions. *Current Directions in Psychological Science*, 4(2), 43–47. <http://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10771003>
- Sekuler, R. (2012). Motion Perception: A modern view of Wertheimer's 1912 Monograph. En M. Wertheimer & L. Spillman (Ed.) *Max Wertheimer. On perceived motion and figural organization* (pp. 101–126). Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Sekuler, R., Watamaniuk, S. N. J., & Blake, R. (2002). Perception of visual motion. En H. Pashler & S. Yantis (eds.), *Steven's Handbook of Experimental Psychology* (3^a ed., pp. 138–193). John Wiley & Sons, Ltd.
- Serrano, S. (2003). Procés d'hominització i llenguatge. *Mètode 39. Del Crit a La Paraula Fonaments Biològics Del Llenguatge, 39*. Recuperado de <http://metode.cat/Revistes/Monografics/Del-crit-a-la-paraula/Proces-d-hominitzacio-i-llenguatge>
- Shapiro, K. L., & Raymond, J. E. (2008). The attentional blink : temporal constraints on consciousness. Oxford University Press. <http://doi.org/10.1093/acprof>
- Shultz, S., Klin, A., & Jones, W. (2011). Inhibition of eye blinking reveals subjective perceptions of stimulus salience. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(52), 21270–5. <http://doi.org/10.1073/pnas.1109304108>

- Simner, J., Mulvenna, C., Sagiv, N., Tsakanikos, E., Witherby, S. A., Fraser, C., ... Ward, J. (2006). Synaesthesia: The prevalence of atypical cross-modal experiences. *Perception*, *35*(8), 1024–1033. <http://doi.org/10.1068/p5469>
- Simonite, T. (2015, 8 de abril). IBM Tests Mobile Computing Pioneer's Controversial Brain Algorithms. *MIT Technology Review*. Recuperado de <http://www.technologyreview.com/news/536326/ibm-tests-mobile-computing-pioneers-controversial-brain-algorithms/>
- Simons, D. J., & Levin, D. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(4), 644–649. <http://doi.org/10.3758/BF03208840>
- Skotte, J. H., Nøjgaard, J. K., Jørgensen, L. V., Christensen, K. B., & Sjøgaard, G. (2007). Eye blink frequency during different computer tasks quantified by electrooculography. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(2), 113–9. <http://doi.org/10.1007/s00421-006-0322-6>
- Skov, M., & Vartanian, O. (2009). *Neuroaesthetics. Foundations and frontiers in aesthetics*. Amityville, New York: Baywood Publishing Company, Inc.
- Smith, S. C. (2013). Computer vision syndrome. *Insight: the Journal of ASORN (American Society of Ophthalmic Registered Nurses)*, *38*(4), 23.
- Smith, T. (2012). The attentional theory of cinematic continuity. *Projections*, *44*(0), 1–50. <http://dx.doi.org/10.3167/proj.2012.060102>
- Smith, T. J. (2005). *An Attentional Theory of Continuity Editing* (Tesis doctoral). Edinburg: University of Edinburgh.
- Smith, T. J. (2015). Read, watch, listen: a commentary on eye tracking and moving images. *Refractory: A Journal of Entertainment Media*, *25*(9). Recuperado de <http://refractory.unimelb.edu.au/2015/02/07/smith/>
- Smith, T. J., & Henderson, J. M. (2008). Edit Blindness: The relationship between attention and global change blindness in dynamic scenes. *Journal of Eye Movement Research*, *2*(6), 1–17. Recuperado de <http://www.jemr.org/online/2/2/6>
- Smith, T. J., & Mital, P. K. (2013). Attentional synchrony and the influence of viewing task on gaze behavior in static and dynamic scenes. *Journal of Vision*, *13*(8), 16. <http://doi.org/10.1167/13.8.16>
- Smith, T., Levin, D., & Cutting, J. (2012). A Window on Reality : Perceiving Edited Moving Images. *Current Directions in Psychological Science*, *44*(2), 101–106. <http://doi.org/10.1177/0963721412436809>
- Snowden, R., & Freeman, T. (2004). The visual perception of motion. *Current Biology*, *14*(19), 828–831. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2004.09.033>
- Snowden, R. J., & Verstraten, F. a J. (1999). Motion transparency: Making models of motion perception transparent. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*(10), 369–377. [http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01381-9](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01381-9)
- Snowden, R., Thompson, P., & Troscianko, T. (2006). *Basic Vision. An Introduction to Visual Perception*. Hampshire, Great Britain: Oxford University Press.

- Soeteman, S. (2014). An unexpected Journey. Filmmore. [Web log post]. Recuperado de <http://www.filmmore.eu/en/blogs/1/2014/03/unexpected-journey/31>
- Solomon, J. A., Chubb, C., John, A., & Morgan, M. (2005). Stimulus contrast and the Reichardt detector. *Vision Research*, 45(16), 2109–17. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2005.01.035>
- Sovierzoski, M. A., Argoud, F. I. M., & Azevedo, F. M. (2008). Identifying Eye Blinks in EEG Signal Analysis. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology and Application in Biomedicine, in conjunction with The 2nd International Symposium & Summer School on Biomedical and Health Engineering Shenzhen, China, May 30-31, 2008* (pp. 406–409). <http://doi.org/10.1109/ITAB.2008.4570605>
- Sperling, G., & Doshier, B. A. (1986). Handbook of perception and human performance. En K. Boff, L. Kaufman, & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Spinelli, H. M. (2004). *Atlas of Aesthetic Eyelid and Periocular Surgery. Atlas of Aesthetic Eyelid and Periocular Surgery*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-7216-8633-2.50003-6>
- Standring, S. ed. (2008). *Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice* (40th editi). Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.
- Steinman, R. M., Pizlo, Z., & Pizlo, F. J. (2000). Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution. *Vision Research*, 40(17), 2257–2264. [http://doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00086-9](http://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00086-9)
- Stern, J., Boyer, D., & Schroeder, D. (1994). Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 285-297. Recuperado de <http://hfs.sagepub.com/content/36/2/285.short>
- Sun, W., Baker, R., Chuke, J., Rouholiman, B., Hasan, S., Gaza, W., ... Porter, J. (1997). Age-related changes in human blinks. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 38(1). Recuperado de <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2161462>
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150(3700), 1187–1188. <http://doi.org/10.1126/science.150.3700.1187>
- Svensson, U. (2004). *Blink behaviour based drowsiness detection: method development and validation*. Linköping: Linköping University, Dept. Biomedical Engineering. Recuperado de <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:673983>
- Tadel, F., Baillet, S., Mosher, J. C., Pantazis, D., & Leahy, R. M. (2011). Brainstorm: a user-friendly application for MEG/EEG analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 879716. <http://doi.org/10.1155/2011/879716>
- Tadel, F., Bock, E., Mosher J.C. & Baillet, S. (2015). *Detect and remove artifacts*. Recuperado de <http://neuroimage.usc.edu/brainstorm/Tutorials/TutRawSsp>
- Talavage, T. M., Pizlo, Z., Pizlo, F., Kim, S., & Steinman, R. (2000). *Central nervous system correlates of the perception of ϕ (pure apparent) movement*. Purdue: Purdue University.
- Tan, E. S. (1996). *Emotion and the Structure of Narrative Film: Film As An Emotion Machine*. (L. Erlbaum, Ed.). New Jersey: Taylor & Francis.

- Tatler, B. W., Gilchrist, I. D., & Rusted, J. (2003). The time course of abstract visual representation. *Perception, 32*(5), 579–92. <http://doi.org/10.1068/p3396>
- The MathWorks, Inc. (2013). MATLAB R2013a_Student. Massachusetts.
- Thiele, a, Henning, P., Kubischik, M., & Hoffmann, K.-P. (2002). Neural mechanisms of saccadic suppression. *Science (New York, N.Y.), 295*(5564), 2460–2. <http://doi.org/10.1126/science.1068788>
- Thorpe, S., Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature, 381*, 520–522. <http://doi.org/10.1038/381520a0>
- Tikka, P., Väljamäe, A., de Borst, A. W., Pugliese, R., Ravaja, N., Kaipainen, M., & Takala, T. (2012). Enactive cinema paves way for understanding complex real-time social interaction in neuroimaging experiments. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*(November), 298. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00298>
- Todorovic, D. (1996). A gem from the past: Pleikart Stumpf's (1911) anticipation of the aperture problem, Reichardt detectors, and perceived motion loss at equiluminance. *Perception, 25*, 1235–1242. <http://doi.org/10.1068/p251235>
- Tononi, G., & Koch, C. (2008). The neural correlates of consciousness. *Annals of the New York Academy of Sciences, 261*, 239–261. <http://doi.org/10.1196/annals.1440.004>
- Tootell, R. B., Reppas, J. B., Kwong, K. K., Malach, R., Born, R. T., Brady, T. J., ... Belliveau, J. W. (1995). Functional analysis of human MT and related visual cortical areas using magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience, 15*(4), 3215–30. Recuperado de <http://www.jneurosci.org/content/15/4/3215.long>
- Tootell, R., Dale, A., Sereno, M., & Malach, R. (1996). New images from human visual cortex. *Trends in Neurosciences, 19*(19), 481–489. [http://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)10053-9](http://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)10053-9)
- Touyama, H. (2012). Post-saccadic event related potential toward a new technique for information retrieval. *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference, 2939-2942*. <http://doi.org/10.1109/ICSMC.2012.6378240>
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*(1), 97–136. [http://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](http://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Troncoso, X., Macknik, S. L., Otero-Millan, J., & Martínez-Conde, S. (2008). Microsaccades drive illusory motion in the Enigma illusion. *Proceedings of the Academy of Sciences of the United States of America, 105*(41), 16033–16038. <http://doi.org/10.1073/pnas.0709389105>
- Tsubota, K., & Nakamori, K. (1993). Dry Eyes and Video Display Terminals. *The New England Journal of Medicine, 328*, 584. <http://doi.org/10.1056/NEJM199302253280817>
- Umiltà, M. A., Berchio, C., Sestito, M., Freedberg, D., & Gallese, V. (2012). Abstract art and cortical motor activation: an EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*(November), 311. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00311>
- Ungerleider, L., & Haxby, J. (1994). “What” and “where” in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology, 4*(2), 157–165. [http://doi.org/10.1016/0959-4388\(94\)90066-3](http://doi.org/10.1016/0959-4388(94)90066-3)

- Uttal, W. R. (2001). *The new phrenology: The limits of localizing cognitive processes in the brain*. USA: The MIT Press.
- VanderWerf, F., Brassinga, P., Reits, D., Aramideh, M., & Ongerboer de Visser, B. (2003). Eyelid movements: behavioral studies of blinking in humans under different stimulus conditions. *Journal of Neurophysiology*, 89(5), 2784–2796. <http://doi.org/10.1152/jn.00557.2002>
- VanRullen, R. (2007). The blinking spotlight of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(49), 19204–19209. <http://doi.org/10.1073/pnas.0707316104>
- Vecchiato, G., Astolfi, L., Tabarrini, A., Salinari, S., Mattia, D., Cincotti, F., ... Babiloni, F. (2010). EEG analysis of the brain activity during the observation of commercial, political, or public service announcements. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2010, 985867. <http://doi.org/10.1155/2010/985867>
- Venkatraman, V., Clithero, J. A., Fitzsimons, G. J., & Huettel, S. A. (2012). New scanner data for brand marketers: How neuroscience can help better understand differences in brand preferences. *Journal of Consumer Psychology*, 22(1), 143–153. <http://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.11.008>
- Vilaro, A., Orero, P., & Smith, T. J. (2013, July 29). Time to read, time to watch: eye movements and information processing in subtitled films. *Journal of Eye Movement Research. 17th European Conference on Eye Movements*, 6 (3), 26. Recuperado de <http://www.jemr.org/online/6/3>
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, W. G. (1964). Contingent negative variation: An electrical sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203, 380–384. <http://doi.org/10.1038/203380a0>
- Wandell, B. (2008). Visual cortex in humans. En L. Squire (ed.) *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 251–257). California: Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.09002-1>
- Watson, A. B. (2009, 29 de enero). *The Windows of Visibility*. [Web log post]. Recuperado de http://human-factors.arc.nasa.gov/techareas/tech_faq/watson_visibility.php
- Watson, A. B. (2013). High Frame Rates and Human Vision: A View Through the Window of Visibility. *SMPTE Motion Imaging Journal*, (122), 18–32. <http://doi.org/10.5594/J18266>
- Watson, A. B., & Ahumada, A. J. (1985). Model of human visual-motion sensing. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics and Image Science*, 2(2), 322–341. <http://doi.org/10.1364/JOSAA.2.000322>
- Watson, A. B., Ahumada, Jr., A. J., & Farrell, J. E. (1986). Window of visibility: a psychophysical theory of fidelity in time-sampled visual motion displays. *Journal of the Optical Society of America A*, 3(3), 300. <http://doi.org/10.1364/JOSAA.3.000300>
- Weber, R., Ritterfeld, U., & Mathiak, K. (2006). Does playing violent video games induce aggression? Empirical evidence of a functional magnetic resonance imaging study. *Media Psychology*, 8(1), 39–60. http://doi.org/10.1207/S1532785XMEP0801_4
- Weisberg, D., Keil, F., & Goodstein, J. (2008). The seductive allure of neuroscience explanations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(3), 470–477. <http://doi.org/10.1162/jocn.2008.20040>
- Weiss, Y., Simoncelli, E. P., & Adelson, E. H. (2002). Motion illusions as optimal percepts. *Nature Neuroscience*, 5(6), 598–604. <http://doi.org/10.1038/nn858>

- Welker, W., Johnson, J. I., & Noe, A. (2015). Rhesus Monkey (*Macaca mulatta*). Comparative Mammalian Brain Collections. [Web log post]. Recuperado de <http://www.brainmuseum.org/Specimens/primates/rhesusmonkey/index.html>
- Welles, O. (1957). *Memo From Orson Welles*. En L. French (n.d.) *Orson Welles' Memo on Touch of Evil*. [Web log post]. Recuperado de http://wellesnet.com/touch_memo1.htm
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle studien über das sehen von bewegung. *Zeitschrift Fuer Psychologie*, 61, 161–265. Recuperado de http://gestalttheory.net/download/Wertheimer1912_Sehen_von_Bewegung.pdf
- Wertheimer, M. (1923). Laws of Organization in Perceptual Forms. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II, in *Psychologische Forschung*. In W. Ellis (Ed.) (1938), *A source book of Gestalt psychology*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Westheimer, G. (1999). Gestalt theory reconfigured: Max Wertheimer's anticipation of recent developments in visual neuroscience. *Perception*, 28(1), 5–15. <http://doi.org/10.1068/p2883>
- Westwood, D. A., & Goodale, M. A. (2011). Converging evidence for diverging pathways: Neuropsychology and psychophysics tell the same story. *Vision Research*. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2010.10.014>
- Wheeler, M. (2010, 12 de abril). UCLA researchers make first direct recording of mirror neurons in human brain. [Web log post]. Recuperado de <http://newsroom.ucla.edu/releases/ucla-researchers-make-first-direct-156503>
- Whitwell, M. (2005). *Using Eye-Tracking Techniques to Investigate the Segmentation of Moving Images*. Informatics Research Proposal, The University of Edinburg. Recuperado de <http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/diss/04-05/projects/s0459696.pdf>
- Wilson, E. O. (1978). *On human nature*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, Ed.
- Wong, K., Wan, W., & Kaye, S. (2002). Blinking and operating: cognition versus vision. *British Journal of Ophthalmology*, 86, 479. <http://doi.org/10.1136/bjo.86.4.479>
- Wurtz, R. H. (2009). Recounting the impact of Hubel and Wiesel. *The Journal of Physiology*, 587(Pt 12), 2817–2823. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.170209>
- Xue, T., Mobahi, H., Durand, F., & Freeman, W. T. (2015). The Aperture Problem for Refractive Motion. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2015*, 3386–3394. Recuperado de http://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2015/papers/Xue_The_Aperture_Problem_2015_CVPR_paper.pdf
- Yan, C., Liu, D., He, Y., Zou, Q., Zhu, C., Zuo, X., ... Zang, Y. (2009). Spontaneous brain activity in the default mode network is sensitive to different resting-state conditions with limited cognitive load. *PLoS ONE*, 4(5), e5743. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0005743>
- Yan, Z., Hu, L., Chen, H., & Lu, F. (2008). Computer Vision Syndrome: A widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. *Computers in Human Behavior*, 24(5), 2026–2042. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2007.09.004>
- Zacks, J. M. (2015). *Flicker. Your Brain on Movies*. New York: Oxford University Press.

- Zacks, J. M., Braver, T. S., Sheridan, M. a, Donaldson, D. I., Snyder, a Z., Ollinger, J. M., ... Raichle, M. E. (2001). Human brain activity time-locked to perceptual event boundaries. *Nature Neuroscience*, 4(6), 651–655. <http://doi.org/10.1038/88486>
- Zacks, J. M., Speer, N. K., & Reynolds, J. R. (2009). Segmentation in reading and film comprehension. *Journal of Experimental Psychology. General*, 138(2), 307–27. <http://doi.org/10.1037/a0015305>
- Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M., Braver, T. S., & Reynolds, J. R. (2007). Event perception: a mind-brain perspective. *Psychological Bulletin*, 133(2), 273–93. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.133.2.273>
- Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M., & Maley, C. J. (2010). The brain's cutting-room floor : segmentation of narrative cinema. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4(October), 1–15. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00168>
- Zacks, J., Swallow, K., Vettel, J., & McAvoy, M. (2006). Visual motion and the neural correlates of event perception. *Brain Research*, 1076(1), 150-162. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.12.122>
- Zander, T. O., Lehne, M., Ihme, K., Jatzev, S., Correia, J., Kothe, C., ... Nijboer, F. (2011). A Dry EEG-System for Scientific Research and Brain-Computer Interfaces. *Frontiers in Neuroscience*, 5(May), 53. <http://doi.org/10.3389/fnins.2011.00053>
- Zeidman, L. A, Stone, J., & Kondziella, D. (2013). New Revelations About Hans Berger, Father of the Electroencephalogram (EEG), and His Ties to the Third Reich. *Journal of Child Neurology*, 29(7), 1002–1010. <http://doi.org/10.1177/0883073813486558>
- Zeki, S. (1974). Functional Organization of a Visual Area in the Posterior Bank of the Superior Temporal Sulcus of the Rhesus Monkey. *The Journal of Physiology*, 236(3), 549–73. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1350849/pdf/jphysiol00943-0054.pdf>
- Zeki, S. (1978). Functional specialisation in the visual cortex of the rhesus monkey. *Nature*, 274(3), 423-428. <http://doi.org/10.1038/274423a0>
- Zeki, S. (1999). Art and the brain. *Daedalus*, 2(127), 71–103.
- Zeki, S. (2004). Thirty years of a very special visual area, Area V5. *The Journal of Physiology*, 557(1), 1–2. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.063040>
- Zeki, S., & Lamb, M. (1994). The neurology of kinetic art. *Brain : A Journal of Neurology*, 117(3), 607–36. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/117.3.607>
- Zeki, S., & Marini, L. (1998). Three cortical stages of colour processing in the human brain. *Brain : A Journal of Neurology*, 121(9), 1669–1685. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/121.9.1669>
- Zeki, S., Romaya, J. P., Benincasa, D. M. T., & Atiyah, M. F. (2014). The experience of mathematical beauty and its neural correlates. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(February), 68. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00068>
- Zendel, B., & Alain, C. (2013). The influence of lifelong musicianship on neurophysiological measures of concurrent sound segregation. *Journal of Cognitive Neuroscience*. http://doi.org/10.1162/jocn_a_00329

Zhuo, Y., Zhou, T. G., Rao, H. Y., Wang, J. J., Meng, M., Chen, M., ... Chen, L. (2003). Contributions of the visual ventral pathway to long-range apparent motion. *Science (New York, N.Y.)*, 299(5605), 417–420. <http://doi.org/10.1126/science.1077091>

Zuluaga, C. D. ., Castellanos, C. G. ., & Giraldo, E. (2013). Regularización de problemas dinámicos inversos en la generación EEG mediante estimación dual basada en el filtro de Kalman. *Scientia Et Technica*, 18(1), 19–24. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8255/5267>

Zunzunegui, S. (1989). *Mirar la imagen*. Zarautz: Servicio Editorial Universidad del País Vasco.

Zunzunegui, S. (2008). *La mirada plural*. Madrid: Cátedra.

Anexos

Anexo 1

Storyboard de los estímulos en video

A continuación, se presentan los 3 estímulos en vídeo presentados a los sujetos. El primer estímulo consta de un único plano secuencia con toda la acción; el segundo estímulo contiene un total de 33 planos con un montaje Hollywood style; el tercer estímulo está formado por 77 planos y sigue un montaje MTV style.

La estructura de la presentación de los planos de los estímulos consta de:

Número de plano:

16



Tipo de plano:

PD

Descripción de la acción:






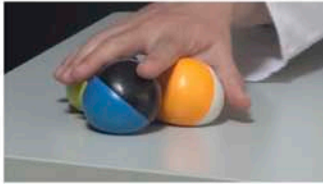

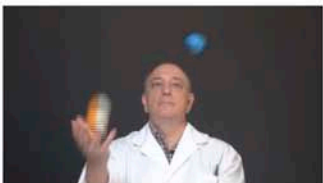

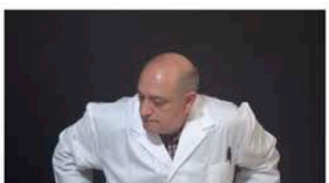

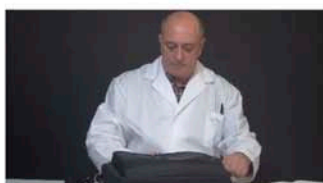


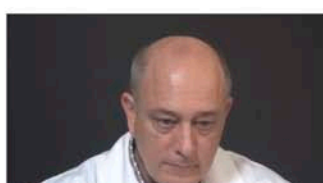
Coge un libro y lo mira
buscando algo

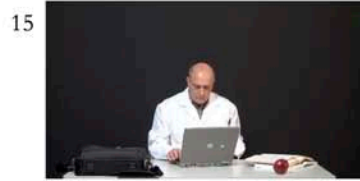


Plano del estímulo 1. Fuente: elaboración propia.

Este primer estímulo consta de un único plano secuencia. El plano es general y en él se pueden observar todas las acciones de los estímulos sin movimientos de cámara: entradas y salidas de cuadro, miradas a cámara, malabares, escritura en el ordenador, consultas en libros, encendido a cámara de una linterna, comida de manzana y expresiones faciales. Para saber más de las acciones que acontecen en el estímulo, consultar en *Materiales y métodos*, la tabla 5.

Estímulo 2

0		1		2	
	30" de negros	PG	Entrada de izquierda a derecha	PM	Entrada de derecha a izquierda
3		4		5	
	PG	PM	Se termina de sentar mirando a cámara y mira a su derecha	PD	Pelotas de malabares, que son cogidas
6		7		8	
	PG	PM	Se acerca las pelotas y empieza a hacer malabares	PG	Termina de hacer malabares y deja las pelotas donde estaban
9		10		11	
	PM	PG	Se levanta	PM	Sentado, abre la bolsa negra y saca un ordenador portátil
12		13		14	
	PP	PG	Mira hacia el portátil	PG	Sigue con el ordenador portátil
				PP	Mira hacia el ordenador



PG

Escribe en el ordenador



PD

Coge un libro y lo mira buscando algo



PG

Sigue mirando libro, lo mueve al otro lado de la mesa



PD

Coge otro libro



PG

Mira este segundo libro, pasa páginas y lo mueve al otro lado



PD

Coge un tercer libro, lo mira y pasa páginas



PG

Repite la acción de moverlo al otro lado de la mesa



PD

Escribe en el ordenador



PG

Termina de escribir, cierra y aparta el ordenador, saca una linterna y la dirige a cámara



PM

Enciende la linterna



PG

Apaga la linterna y la guarda



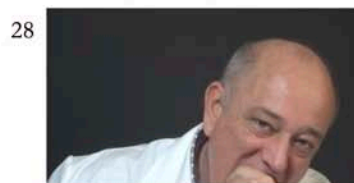
PD

Coge una manzana



PG

Limpia la manzana en su hombro y empieza a comérsela








PP

Se está comiendo la manzana



PG







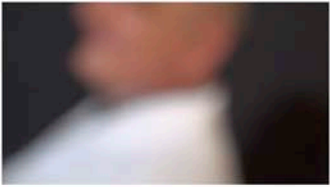








Sigue comiendo la manzana

30		31		32	
	PM		PG		PM
	<p>Sigue comiendo la manzana y con la mano se limpia la boca, busca algo en su bolsillo que no encuentra y sigue comiendo</p>		<p>Deja la manzana, termina de masticar mirando a cámara, cruza sus manos. Entonces, mirando a cámara primero sonríe y después pone cara de asco</p>		<p>Se pasa la mano por la cara y hace el efecto de quitar la expresión de asco y sustituirla por una sonrisa. Se levanta de la silla</p>
33		34			
	PG		Negros		
	<p>Sale de escena por la izquierda</p>		<p>Fin del estímulo</p>		

Planos del estímulo 2. Fuente: elaboración propia.

El segundo estímulo está formado por un total de 33 planos, con un ASL de 5.9 segundos. Se han utilizado primerísimos primeros planos, primeros planos, planos medios, planos generales y planos detalle. El estímulo sigue un montaje clásico, según el MRI o *Hollywood style*.

Estímulo 3

0		1		2	
	30" de negros	PG	Entrada de izquierda a derecha.	PM	Continúa la entrada.
3		4		5	
PM	Continúa la entrada.	PG	Continúa la entrada y sale por la derecha. Entra de nuevo por la derecha, mira a cámara y sonríe.	PM	Continúa con la entrada por la derecha, sonriendo a cámara.
6		7		8	
De PP a PM (desenfocado)	Se ve la cara y medio cuerpo, sin acción concreta.	PM	Entra por la izquierda.	PG	Entra por la izquierda y va a sentarse.
9		10		11	
PM	Aparta silla para sentarse.	PG	Se sienta.	PM	Se termina de sentar.
12		13		14	
PG	Sentado, coge las pelotas.	PD	Coge las pelotas y las acerca.	PG	Empieza a hacer malabares.



15
De PM a PP
Continúa haciendo malabares.



16
PPP
Continúa haciendo malabares.



17
PM
Continúa haciendo malabares.



18
PG
Continúa haciendo malabares.



19
PM
Continúa haciendo malabares.



20
PG
Continúa haciendo malabares.



21
PM
Continúa haciendo malabares.



22
PG
Termina de hacer malabares y deja las pelotas, empieza a levantarse.



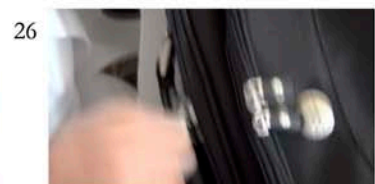
23
PD
Deja, de nuevo, las pelotas.



24
De PD a PM
Pelotas de malabares. Y actor se levanta.



25
PD (desenfocado)
Bolsa negra.



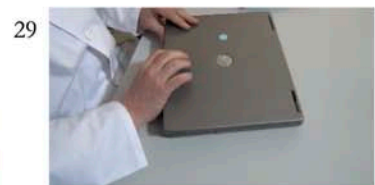
26
PD
Apertura cremallera de la bolsa negra.



27
PD
Apertura de la bolsa negra.



28
PD
Saca ordenador portátil.



29
PD
Abre y enciende el ordenador portátil.

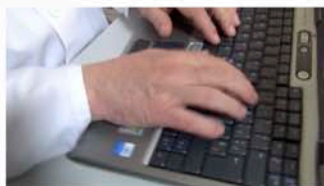
30



PP

Mira el portátil.

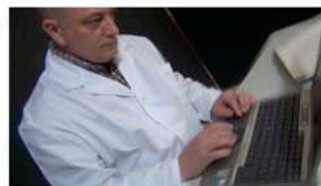
31



PD

Teclea el portátil.

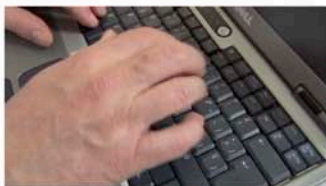
32



PM

Mira la pantalla del portátil mientras teclea.

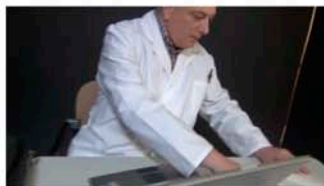
33



De PD a PP

Teclea el portátil.

34



PM

Coge libro.

35



PD

Coge libro.

36



PD

Pasa páginas del libro.

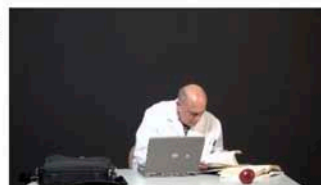
37



PD

Pasa páginas del libro.

38



PG

Pasa páginas del libro.

39



PD

Pasa páginas del libro.

40



PG

Aparta libro a un lado y se gira a coger un segundo libro.

41



PD

Pasa páginas del segundo libro.

42



PD

Pasa páginas del segundo libro.

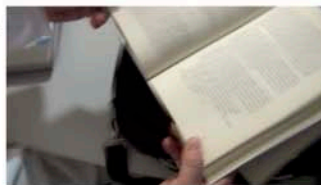
43



PG

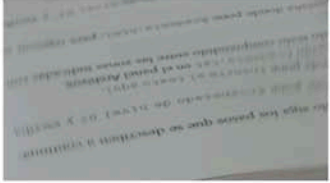


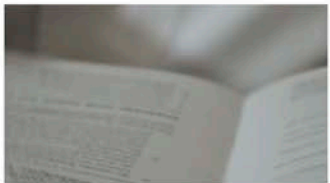

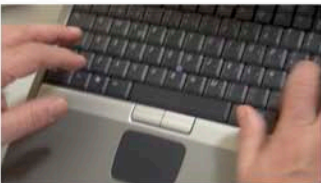
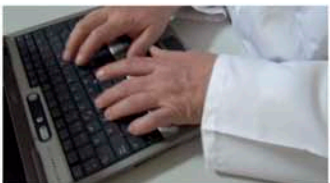
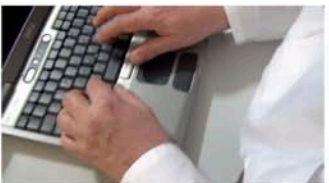




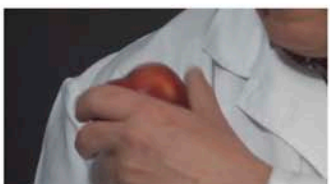
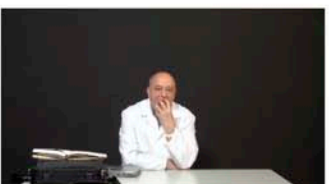
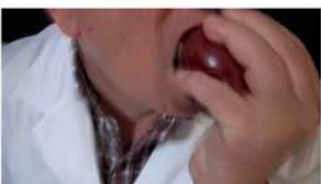
Aparta libro a un lado.











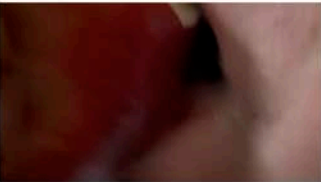

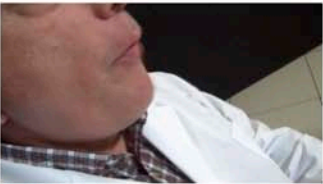


44

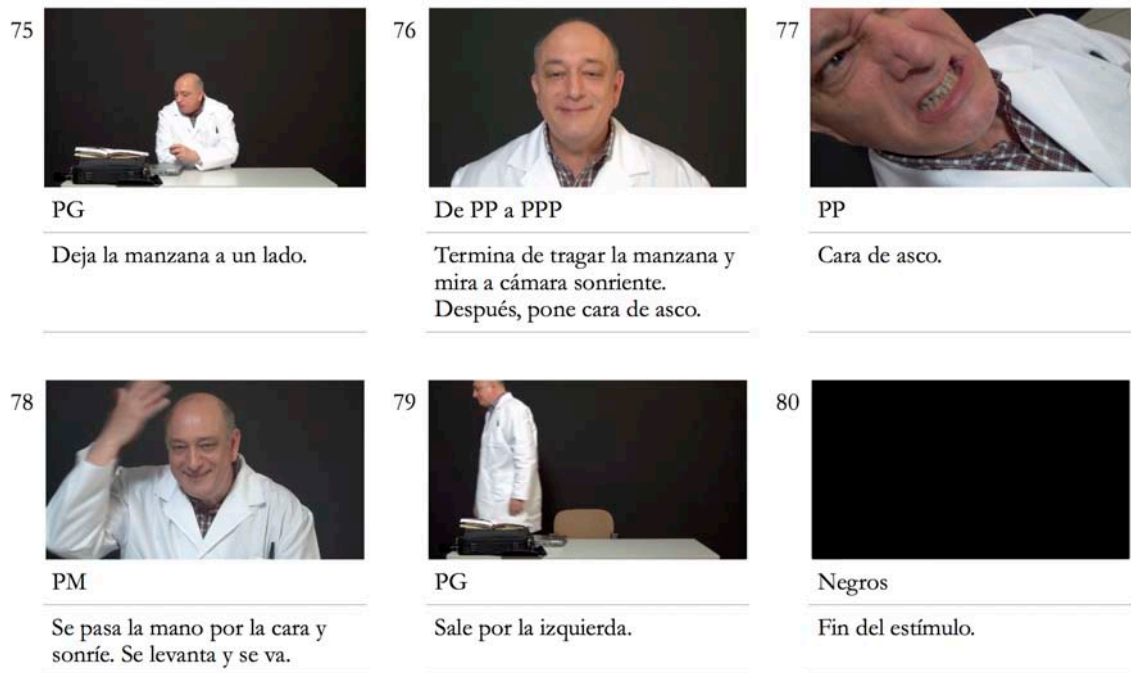


PD

Sigue apartando el libro a un lado.

- | | | |
|---|--|---|
| 45

PD
Pasa páginas del tercer libro. | 46

PD
Pasa páginas del tercer libro. | 47

PD
Lee el índice del tercer libro. |
| 48

PD
Levanta el tercer libro para apartarlo a un lado. | 49

PG
Aparta el libro a un lado y escribe en el portátil. | 50

PD
Escribe en el portátil. |
| 51

PD
Escribe en el portátil. | 52

PD
Escribe en el portátil. | 53

PG
Cierra el ordenador y lo aparta. Mete la mano en su bolsillo. |
| 54

De PD a PM a PD
Saca una linterna del bolsillo y la dirige al frente y la enciende. | 55

PM
Mantiene la linterna encendida y la apaga. Mira a un lado. | 56

PD
Coge la manzana. |
| 57

PD
Limpia la manzana en su hombro. | 58

PG
Empieza a comer la manzana. | 59

De PPP a PM
Come la manzana. |

- | | | | | | |
|----|---|----|---|----|---|
| 60 |  | 61 |  | 62 |  |
| | PP | | PPP | | PG |
| | Come la manzana y se limpia la boca. | | Sigue comiendo la manzana. | | Sigue comiendo la manzana. |
| 63 |  | 64 |  | 65 |  |
| | PPP | | PG | | PP |
| | Sigue comiendo la manzana. | | Sigue comiendo la manzana. | | Sigue comiendo la manzana. |
| 66 |  | 67 |  | 68 |  |
| | PP | | PD | | PP |
| | Sigue comiendo la manzana. | | Sigue comiendo la manzana. | | Mete y saca mano vacía del bolsillo. |
| 69 |  | 70 |  | 71 |  |
| | PM | | PPP | | PM |
| | Mira a un lado, mientras come. | | Sigue comiendo la manzana. | | Se limpia la boca con la mano. |
| 72 |  | 73 |  | 74 |  |
| | De PPP a PP | | PM | | De PD a PP |
| | Termina de comer la manzana. | | Se limpia la boca con la mano. | | Sigue comiendo manzana. |



Planos del estímulo 3. Fuente: elaboración propia.

El tercer estímulo está formado por un total de 79 planos, con un ASL de 2.4 segundos. Se han utilizado primerísimos primeros planos, primeros planos, planos medios, planos generales, planos detalle, varios movimientos de cámara, algunos más ordenados que otros, también se han presentado imágenes borrosas, sin foco, repeticiones de acciones desde distintos puntos de vista saltando el eje, repeticiones de acciones que ya se suponían terminadas, mostrando errores de raccord, planos picados, contrapicados,... En definitiva, se trata de un estímulo lleno de desorden visual tanto en el movimiento de la cámara, como en el montaje y, en ocasiones, en las acciones, siguiendo el *MTV style*.

Anexo 2

Imágenes de la construcción del laboratorio EEGLAB

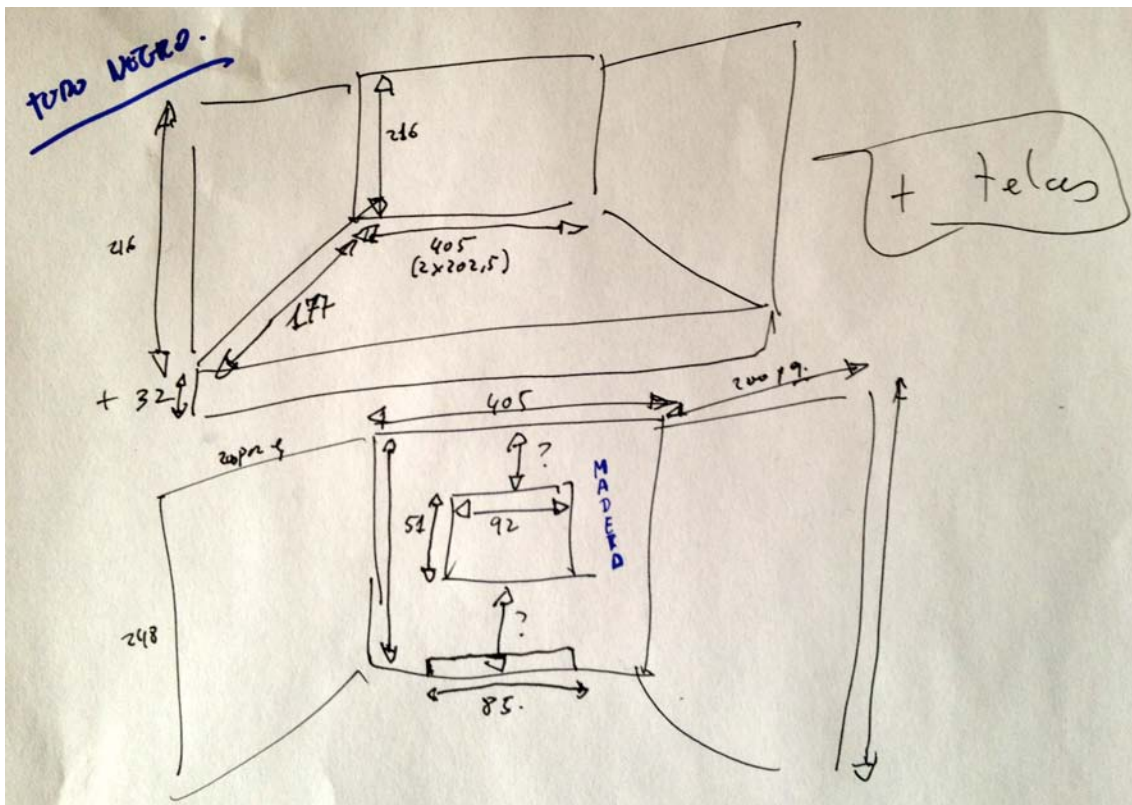


Figura 75. Boceto diseñado para la construcción del laboratorio EEGLAB. Fue creado en el Instituto de Radio Televisión Española (RTVE), ad hoc para esta investigación. El boceto contiene medidas preliminares, que posteriormente fueron adaptadas a través de un archivo profesional con AutoCAD. Fuente: elaboración propia.

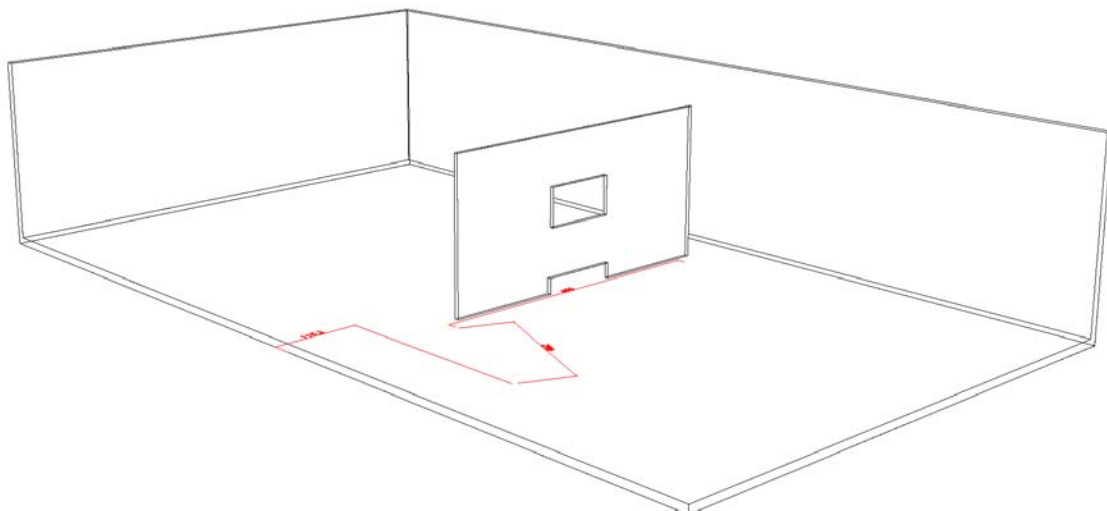


Figura 76. Diseño en AutoCAD del laboratorio EEGLAB. Se construyó ad hoc para esta investigación en 2013. El diseño en AutoCAD fue creado por Santiago Gómez, en Radio Televisión Española (RTVE), ad hoc para esta investigación. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE.

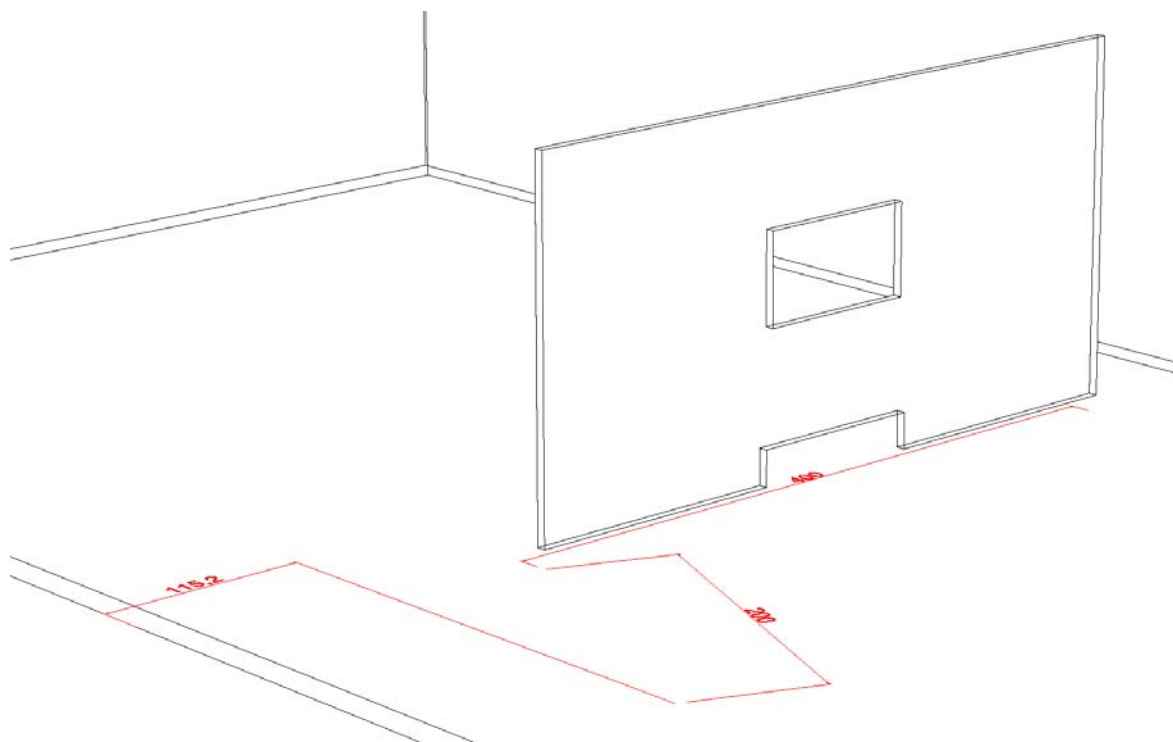


Figura 77. Detalle del diseño (forma y medidas) realizado para el laboratorio EEGLAB. Construido para esta investigación en 2013. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE.

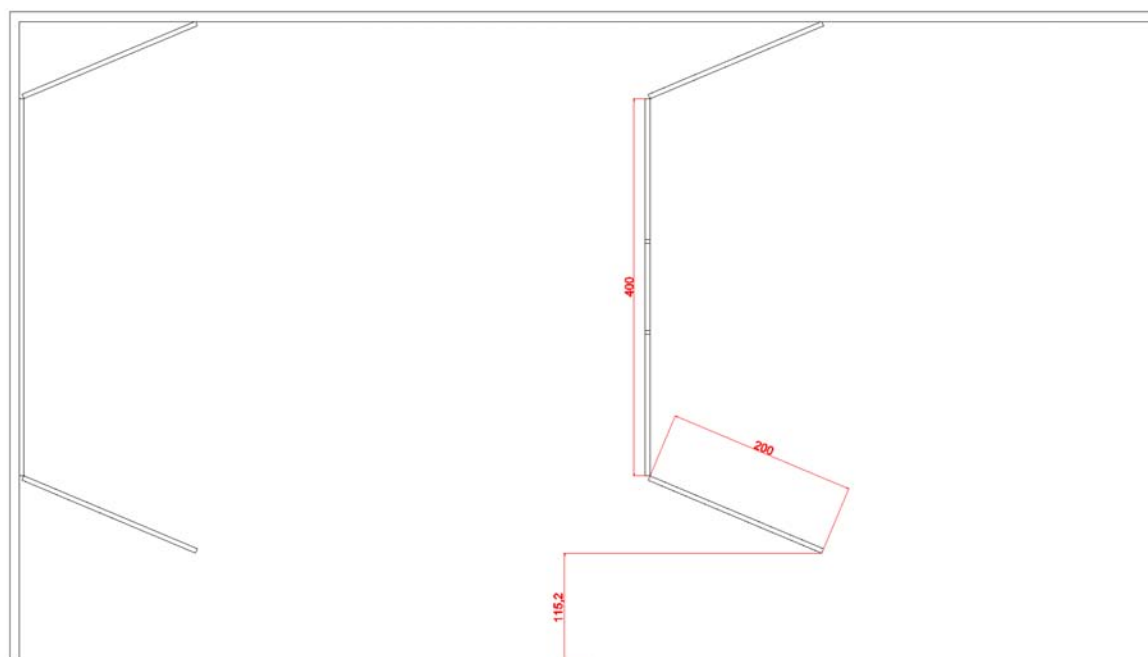


Figura 78. Vista superior del diseño realizado para el laboratorio EEGLAB. Fuente: cedido por Santiago Gómez, RTVE.



Figura 79. Fotografía de la construcción del laboratorio EEGLAB en las instalaciones de decorados de RTVE Sant Cugat del Vallès (Barcelona). Para la construcción del mismo se reciclaron varias tablas de madera y se adaptaron a las necesidades del diseño planteado para esta investigación. Una vez construido, se pintaron de negro. Fuente: fotografía del autor.



Figura 80. Fotografías del laboratorio terminado. Se puede apreciar el resultado final desde distintos puntos de vista. Fuente: fotografías del autor.



Figura 81. Fotografía de la entrada al laboratorio EEGLAB en las instalaciones del Instituto RTVE. Este laboratorio estuvo montado durante los meses desde mayo a septiembre del año 2013. En la puerta del laboratorio, situado en una Sala multiusos del Instituto RTVE, se daba información a los participantes acerca de quiénes estaban llevando a cabo la investigación. Se incluyeron los logotipos del grupo de investigación Neuro-Com Research Group, del departamento de Comunicació Audiovisual i Publicitat de la Universitat Autònoma de Barcelona, de la Divisió de Neurociències de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, y del Instituto de RTVE. Fuente: fotografía del autor.

Anexo 3

Documentación mostrada a los participantes de esta investigación y aprobada por la comisión de Ética CEEAH

- Ficha de inscripción al proyecto
- Hoja de información para el posible participante
- Informe de consentimiento informado

FICHA DE INSCRIPCIÓN AL PROYECTO

Número de participante:

Nombre:

Edad:

Sexo:

Profesión:

Años en dicha profesión:

¿Miopía corregida? Sí No

En caso afirmativo, indique número de dioptrías:.....

¿Astigmatismo corregido? Sí No

En caso afirmativo, indique número de dioptrías:.....

Datos de contacto

Correo electrónico:

Teléfono(s):

INDICACIONES

Antes que nada, **gracias por participar en este proyecto** con nosotros. Como sabrás, para que avance la ciencia es necesario seguir trabajando en el desarrollo de nuevos protocolos de investigación. En este caso, te enfrentas a la participación de un experimento de Electroencefalografía (EEG). Este experimento es indoloro y carece de efectos secundarios para ti. Para poder llevarlo a cabo, contamos con permiso de Comissió d'Ètica en l'Experimentació Animal i Humana (CEEAH) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y con un informe de consentimiento informado de cada participante.

Explicación del experimento

Vas a participar en un experimento de EEG realizado por el grupo de investigación Neuro-Com de la Universitat Autònoma de Barcelona, el Instituto de Radiotelevisión Española (IRTVE) y la División de Neurociencias de la Universidad Pablo de Olavide. El experimento consiste en registrar el comportamiento eléctrico de tu cerebro mientras estás expuesto a distintos estímulos audiovisuales. Una vez registrado este comportamiento, nosotros nos encargamos de analizarlo y clasificarlo con el fin de obtener resultados que nos ayuden a entender cómo funciona el cerebro frente a estos estímulos audiovisuales.

Tu participación va a ser activa y podemos dividirla en 3 fases:

1ª fase: te explicaremos en qué consiste el experimento, colocaremos en tu cabeza electrodos con el fin de registrar el comportamiento eléctrico de tu cerebro. Estos electrodos no son perjudiciales, dolorosos ni tienen efectos secundarios.

2ª fase: una vez colocados los electrodos, procederemos a presentarte distintos estímulos audiovisuales. Cuando te los presentemos, tendrás que fijarte en aquello que se te presente, dado que en la 3ª fase te haremos una serie de preguntas sobre el contenido que hayas visto y oído.

3ª fase: finalmente, recogidos los electrodos de tu cabeza, te realizaremos una serie de preguntas acerca del contenido audiovisual que te hayamos presentado a lo largo del experimento.

La sesión tiene una duración aproximada de 50-60 minutos.

Indicaciones básicas

Vas a someterte a un Electroencefalograma (EEG), esto implica que necesitamos tener contacto directo con tu cuero cabelludo de la manera más limpia y directa posible. Por ello, necesitamos que sigas una serie de indicaciones el día antes (o el mismo día) de que participes con nosotros.

1- **Lávate el cabello con un jabón neutro**

2- **No coloques en tu cabello ningún tipo de producto químico** (laca, espuma, fijador de cualquier tipo, suavizante, acondicionador...). Cualquier elemento que coloques provocará interferencias y los datos que podamos recoger de tu participación no serán útiles.

3- Con el fin de evitar interferencias y comportamientos anormales en tu cerebro, **te pedimos que vengas descansado a realizar el experimento**. El estrés, el cansancio y la falta de sueño pueden afectar en los datos que registremos. Por eso, la carencia de descanso previo puede provocar, de nuevo, una participación inútil en el proyecto.

Finalmente, queremos darte una vez más las **gracias** por participar con nosotros. Si tienes cualquier duda o pregunta, contacta con nosotros:

Miguel Ángel Martín: miguelangel.martin@rtve.es

Celia Andreu-Sánchez: celia.andreu@uab.cat

INFORME DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del ensayo:

Yo, (nombre y apellidos)

- He leído la hoja de información que se me ha entregado
- He podido hacer preguntas sobre el estudio
- He recibido suficiente información sobre el estudio

He hablado con: (nombre del investigador)

- Comprendo que mi participación es voluntaria
- Comprendo que puedo retirarme del estudio
 - cuando quiera,
 - sin tener que dar explicaciones y
 - sin que esto repercuta en mi relación académica o profesional con los investigadores.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio,

Fecha y firma del participante

Fecha y firma del investigador

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

