



UNIVERSITAT^{DE}
BARCELONA

Aproximación neurocinemática al corte como articulador fílmico

Javier Sanz Aznar



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Aproximación neurocinemática al corte como articulador fílmico

Programa de doctorado en
Información y Comunicación

Doctorando: Javier Sanz Aznar

Directores: Lydia Sánchez Gómez y Carlos Aguilar Paredes

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis tutores de tesis, la Dra. Lydia Sánchez y el Dr. Carlos Aguilar, el esfuerzo y dedicación que han aplicado para ayudarme a sacar adelante la presente tesis doctoral. No solo han compartido el aprendizaje necesario para poder abordar el estudio del medio cinematográfico desde la neurociencia, sino que también me han enseñado a desarrollar mis propuestas, ideas e intuiciones desde una perspectiva y metodología científica.

Gracias al Dr. Luis Emilio Bruni y Andreas Wulff-Abramsson de la Aalborg University por la fe y el trabajo que han aplicado en el proyecto desde el primer día que les pedimos su colaboración. Sin sus conocimientos y experiencia en la neurociencia cognitiva experimental no habría sido posible desarrollar esta investigación.

Gracias al Dr. Juan José Caballero Molina por compartir desinteresadamente su enciclopédico conocimiento cinematográfico, que siempre me ha descubierto nuevas perspectivas de la teoría fílmica.

Gracias a los “becarios precarios”, la Dra. Lucía Jiménez y Aina Borrás, por el apoyo que nos dimos durante estos años que estuvimos desarrollando nuestras tesis doctorales. También gracias a todos los compañeros de Comunicación Audiovisual de la Universitat de Barcelona, con los que compartimos nuestras dudas y nos apoyamos cuando lo necesitamos.

Gracias a los doctores Álvaro Zarauza e Íñigo Soler por sus lecciones sobre anatomía cerebral que me ayudaron a iniciar mi aprendizaje en este área tan compleja, permitiéndome comprender la literatura sobre neurocinemática.

Por último, agradecer a mis padres Marcelo y Chon, mi hermana María, mi pareja Estíbaliz, mis tíos Ángel y Rosa, mi primo Héctor y mis amigos Chesco y Ángel, por estar siempre que los he necesitado sin esperar nunca nada a cambio, apoyándome (y soportándome) en todos los momentos de inseguridades personales que han conllevado estos años de elaborar la tesis doctoral.

Resumen

El objetivo de esta tesis es caracterizar el cambio de plano por corte en la edición cinematográfica como articulador del discurso fílmico. Para conseguir nuestro objetivo nos basamos en analizar los mecanismos cognitivos del espectador que observa el film, a través del análisis de sus respuestas neuronales registradas por medio del electroencefalograma. Caracterizar el cambio de plano por corte como articulador cinematográfico desde las reacciones neuronales del espectador requiere comprobar que, al mismo tiempo que se producen patrones de reacción neuronal debidas a la percepción del input del corte, estos patrones reflejan diferencias dependiendo del tipo de cambio de plano percibido por el espectador. De esta forma, logramos definir un patrón general de reacción neuronal para el reconocimiento del corte por parte del espectador que muestra diferencias dependiendo de la forma de articulación concreta, definida por las características de variación entre el plano anterior y posterior al corte.

El estudio cinematográfico desde sus orígenes comenzó estudiando la naturaleza articulativa del cambio de plano, igualando este hecho a la sintaxis del lenguaje (Sklovski, 1928; Eisenstein, 1949a). Este postulado teórico continuó avanzando hasta los años 60, cuando se produjo la gran controversia teórica sobre cómo se articula el mensaje cinematográfico. Por un lado Mitry (1963) defendió la existencia de un lenguaje propiamente cinematográfico, donde el corte supone la articulación entre sus unidades, mientras que Metz (1968) desestimó toda posible existencia de un lenguaje propio, rechazando la posibilidad propuesta por Mitry. Esta divergencia teórica esencial para conocer la naturaleza de la estructura fílmica no ha sido resuelta y hasta nuestros días continúan propuestas teóricas que parten de la aceptación o la negación del cine como lenguaje. La presente investigación no aspira a resolver este conflicto, pero sí espera poner una primera piedra en su resolución desde las nuevas metodologías

empíricas de análisis cinematográfico que ofrece la neurocinemática, analizando si el cambio de plano por corte supone un elemento articulatorio en el discurso fílmico.

La neurocinemática (Hasson *et al.*, 2008) desarrolla una metodología empírica basada en el análisis de las mediciones biométricas del espectador mientras observa el film, siguiendo los fundamentos del ecologismo cognitivo cinematográfico (Anderson, 1998). Para nuestra investigación analizamos el ERD/ERS del registro electroencefalográfico de 21 espectadores mientras observan 4 fragmentos fílmicos de diferentes características estéticas que contienen una amplia gama de cambios de plano por corte en continuidad. Gracias al estudio de las respuestas neuronales podemos concluir que el cambio de plano por corte desencadena en el espectador reacciones neuronales en las bandas de frecuencia Theta y Delta, especialmente en la zona parietal, y es posible diferenciar estas reacciones dependiendo de la variación de factores como la diferencia de escala de plano o la variación de ángulo de cámara entre los planos anterior y posterior al corte. Con los resultados obtenidos podemos concluir que efectivamente el corte se comporta como articulador del mensaje fílmico, involucrando principalmente al hipocampo, región del cerebro relacionada con procesos de codificación, percepción espacio-temporal y procesos de memoria a corto y largo plazo (Ben-Yakov y Henson, 2018; Howard y Eichenbaum, 2015). Estos resultados permiten establecer una relación directa entre los mecanismos del sistema cognitivo humano que nos permite comprender el cambio de plano por corte con la teoría de articulación cinematográfica definida por Burch (1969), basándose en los conceptos de *découpage* espacial y *découpage* temporal.

Abstract

The main objective of this dissertation is to characterize the shot change by cut in the cinematographic edition as an articulator of the filmic discourse. To achieve our goal we focused on analysing the cognitive mechanisms of the spectator while is watching a film, through the analysis of their neuronal responses registered by electroencephalogram. Characterizing the shot change by cut as a filmic articulator through the spectator's neuronal reactions requires verifying that, at the same time that neuronal reaction patterns are produced due to the perception of the input of the cut event, these patterns also should reflect differences depending on the kind of shot change perceived by the spectator. In this way, we managed to define a general pattern of neuronal reaction for the recognition of the cut event by the spectator that also shows modulations depending on the specific articulation shape, defined by the characteristics of variation between the plane before and after the cut.

The film studies from its origins was focused in the articulative nature of the shot change as one of the main cinematographic technics related to the creation of meaning, reaching to compare the cut to the syntax of language (Sklovski, 1928; Eisenstein, 1949a). This theoretical postulate continued advance until the 1960s, when there was a great theoretical discussion about how cinematographic message is articulated. On the one hand Mitry (1963) defended the existence of a properly cinematographic language, where the cut supposes the articulation between its units, while on the other hand Metz (1968) rejected all possible existence of its own language, rejecting the possibility proposed by Mitry. This essential theoretical divergence to know the nature of the film structure has not been resolved and to this day, theoretical proposals continue to be divided based on the acceptance or denial of cinema as language. The present investigation does not aspire to resolve this conflict, but it does hope to put a first stone in its resolution from the new empirical methodologies of cinematographic

analysis offered by neurocinematics, analysing whether the change of plane by cut supposes an articulative element in filmic discourse.

Neurocinematics (Hasson et al., 2008) develops an empirical methodology based on the analysis of the spectator's biometric measurements while observing the film, following the principles of cinematographic cognitive ecologism (Anderson, 1998). In our research, we analysed the ERD/ERS from the electroencephalographic registered from 21 spectators while observing 4 film fragments with different aesthetic characteristics and that contain a wide range of shot changes by cut in a continuity editing sequence. Through the study of the neuronal responses we can conclude that the shot change by cut triggers neuronal reactions in the spectator in the Theta and Delta frequency bands, especially in the parietal zone. Also it is possible to differentiate these spectator neuronal reactions depending on the variation of factors such as the shot scale difference or the camera angle variation between the shots before and after the cut. With the results obtained, we can conclude that effectively the cut acts as an articulator of the filmic message, mainly involving the hippocampus, region of the brain related to the coding processes, the spatial-temporal perception and the short-term and long-term memory processes (Ben-Yakov & Henson, 2018; Howard & Eichenbaum, 2015). The results obtained allow us to establish a direct relationship between the mechanisms of the human cognitive system that allows us to understand the shot change by cut with the theory of the cinematographic articulation defined by Burch (1969), based on the concepts of spatial *découpage* and temporal *découpage*.

Sumario

1. Introducción.....	11
1.1. El corte y el montaje cinematográfico	13
1.2. La percepción fílmica desde la neurocinemática	17
1.3. Análisis cinematográfico clásico	21
1.4. Objetivos.....	23
1.5. Acotación del universo cinematográfico para la investigación	26
1.6. Estructura de la investigación	29
2. El corte ante la teoría cinematográfica	36
2.1. El discurso narrativo fílmico.....	37
2.2. El cine como posible lenguaje	40
2.3. Naturaleza del lenguaje cinematográfico	42
2.4. El plano como unidad estructural	45
2.4.1. Naturaleza dual y valor simbólico fugitivo del plano	47
2.4.2. El <i>découpage</i> como combinación de significantes	49
2.4.3. <i>Découpage</i> espacial y <i>découpage</i> temporal	50
2.5. El corte como articulador fílmico	55
2.6. Análisis fílmico centrado en el cambio de plano	60
3. Neurocinemática	65
3.1. La percepción humana y la neurociencia.....	69
3.2. Cine y percepción	72
3.3. El espectador del film y la neurocinemática	76
3.4. Sistemas de registro de los mecanismos de percepción del espectador desde la neurocinemática.....	78
3.4.1. Electroencefalograma (EEG)	81
3.4.2. Anatomía cerebral y bandas de frecuencia.....	83
3.4.3. <i>Event-related desynchronization/event-related synchronization</i> (ERD/ERS)	89
3.4.4. Estudios previos del ERD/ERS en neurocinemática.....	92
4. Metodología.....	96
4.1. Diseño experimental del visionado para el registro del EEG	98
4.1.1. Selección de fragmentos fílmicos	98
4.1.2. Categorización de las taxonomías de corte contenidas en los fragmentos fílmicos.....	102
4.1.3. Estructura del visionado	108
4.2. Preparación de los datos registrados por el EEG	110
4.2.1. Obtención de las señales ASF	113
4.2.2. Obtención de las señales ASC.....	114

4.3.	Búsqueda de patrones de reacción neuronal comunes a todo tipo de corte.....	116
4.4.	Búsqueda de patrones de reacción neuronal dependientes del tipo de corte.....	119
4.5.	Estudio del ERD/ERS de las ventanas temporales identificadas como relacionadas al evento del corte.....	123
4.6.	Esquema de la metodología de investigación	125
5.	Desarrollo experimental y obtención de resultados	127
5.1.	Disposición del laboratorio	128
5.2.	Selección de usuarios	131
5.3.	Registro neurológico del EEG	132
5.4.	Transformación de las señales ASF y ASC al dominio de la frecuencia	135
5.5.	Procedimientos para la búsqueda de reacciones neuronales debidas al evento del corte	141
5.6.	Procedimientos para la búsqueda de reacciones neuronales debidas al tipo de corte	160
5.7.	Procedimientos para la búsqueda de relaciones entre diferentes electrodos y bandas de frecuencia en reacciones neuronales relacionadas con el corte.....	172
6.	Resultados obtenidos	176
6.1.	Localización e identificación de patrones comunes a todo tipo de corte.....	177
6.1.1.	Comportamiento neuronal ante el cambio de plano por corte	178
6.1.2.	Procesos neuronales de excitación e inhibición desencadenados por el corte	185
6.2.	Localización e identificación de patrones diferenciales entre tipologías de corte	190
6.2.1.	Resultados agrupados según aumento o reducción de escala de plano	196
6.2.2.	Resultados agrupados según si el cambio de plano pasa a focalizarse en personajes o en el espacio	198
6.3.	Localización e identificación de relaciones entre diferentes electrodos en reacciones neuronales relacionadas con el corte	200
7.	Discusión y conclusiones.....	202
7.1.	Discusión.....	203
7.1.1.	Metodología y procedimientos aplicados.....	204
7.1.2.	Localizar e identificar patrones comunes a todo tipo de corte	206
7.1.3.	Localizar e identificar patrones diferenciales entre tipologías de corte	210
7.1.3.1.	Definición de una taxonomía de corte.....	211
7.1.3.2.	Patrones diferenciales entre tipologías de corte.....	214
7.2.	Conclusiones	217
7.2.1.	Metodología de análisis.....	217
7.2.2.	Patrones neuronales comunes a todo tipo de corte.....	219
7.2.3.	Diferencias entre los patrones neuronales dependiendo del tipo de corte	221

7.2.4.	Conclusiones generales	224
7.3.	Futuras investigaciones.....	227
8.	Trabajos citados	232
9.	Relación de figuras y tablas	253
9.1.	Figuras.....	253
9.2.	Tablas.....	255
Anexo 1 –	Análisis cinematográfico de los fragmentos	256
	Caso 1: Bonnie and Clyde.....	257
	Caso 2: The Searchers	260
	Caso 3: Whiplash	261
	Caso 4: On the Waterfront	264
Anexo 2 –	Sistema de trabajo en <i>Unity</i>	266
Anexo 3 –	Estándar de procedimiento experimental en el laboratorio	280
Anexo 4 –	Desglose de las acumulaciones de varianza entre ASC por electrodos y bandas de frecuencia.....	288
Anexo 5 –	Desglose de los electrodos y bandas de frecuencia que detectan diferencias entre categorías de corte para G2.....	291
Anexo 6 –	Desglose del ERD/ERS para los diferentes electrodos con comportamiento relacionado en ASF.....	295
Anexo 7 –	Desglose del ERD/ERS para los diferentes electrodos con comportamiento relacionado en ASC agrupados por G1 y G2.....	297

1. Introducción

La consideración del corte como articulador fílmico es uno de los debates esenciales de las diferentes aproximaciones teóricas sobre el medio cinematográfico desde su origen. El efecto que se produce en el espectador a través de la combinación en serie de diferentes planos ha preocupado tanto a teóricos (Bazin, 1958; Burch, 1969) como a profesionales (Eisenstein, 1949a; Murch, 1995), convirtiéndose el montaje en uno de los principales aspectos de teorización dentro del medio cinematográfico. En la actualidad, también la neurociencia cognitiva ha comenzado a investigar el efecto que produce en el espectador el cambio de plano (Smith, 2012; Ben-Yakov y Henson, 2018), abordándolo desde la medición y registro de los procesos neuronales. Desde esta perspectiva, la neurociencia se ha interesado también por comprender y explicar cómo funciona un aspecto tan característico del film como es el montaje. Este nuevo enfoque, centrado en la naturaleza cognitiva del espectador ante el film, ha dado lugar a teorías cinematográficas denominadas *ecologistas* (Anderson, 1998) o *naturalistas* (Bordwell, 2013) y está abriendo camino al análisis fílmico basado en la neurociencia frente a otras corrientes tradicionales más psicologistas (Zizek, 2005; Morel, 2011).

Dentro de los diferentes enfoques teóricos que surgen en el intento de explicar y definir qué supone para el espectador la unión entre planos, destaca principalmente una discusión no resuelta sobre la propia naturaleza del film. Independientemente de la propuesta concreta de explicación sobre el corte como articulador que los diferentes teóricos defiendan, esta discusión los divide en dos grandes grupos. Este conflicto no resuelto persiste en la división entre los que consideran que el cine se conforma mediante un lenguaje cinematográfico propio y los que niegan toda posibilidad de que exista un lenguaje único y propio en el cine. La discusión sobre si existe o no un lenguaje cinematográfico se inició en los años 60 con los postulados de Mitry (1963), que afirmaban la existencia de un lenguaje

cinematográfico unificado, contra los que se posicionó Metz (1968) negándolo. Desde entonces el debate sigue desarrollándose sin apreciarse posibilidad de resolución.

Para romper el estancamiento dialéctico existente en el debate sobre si el cine es un lenguaje o no, la presente tesis doctoral propone abordar el tema de discusión desde la neurocinemática. Si basamos el estudio y análisis cinematográfico en la respuesta neuronal del espectador ante el estímulo cinematográfico, obtendremos resultados objetivos y concretos sobre un conflicto dialéctico atascado, aspirando así a conseguir realizar una aportación a la teoría cinematográfica que permita avanzar en el conocimiento sobre sobre cuál es la esencia constructiva y dialéctica del film. Existen investigaciones centradas en los mecanismos cognitivos que abordan desde un punto de vista naturalista la posible existencia de un lenguaje propio basado en imágenes secuenciadas, como son las investigaciones hechas por el equipo de Vodrahalli (Vodrahalli *et al.*, 2018) y por Cohn y Kutas (2017), ambas abordando la discusión desde la semántica. Sin embargo, la aproximación a la cuestión lingüística cinematográfica que se realiza en la presente investigación, no se enfoca en el estudio de la semántica como los casos mencionados anteriormente, sino que se centra en la articulación de las unidades semánticas que podrían configurar un lenguaje, es decir, analizando el corte como posible articulador del lenguaje cinematográfico. Sin aspirar a resolver con nuestras conclusiones el problema descrito de una forma definitiva, sí que se intenta avanzar en el debate lingüístico enmarcándolo en un nuevo enfoque metodológico. Para comenzar el largo camino de resolver si existe un lenguaje cinematográfico, la investigación presentada se marca como objetivo final localizar y definir patrones neuronales ante el corte que permitan afirmar que el cambio de plano tiene una naturaleza articuladora. Lograr conseguir este objetivo, aunque no resuelva el conflicto sobre si existe o no un lenguaje cinematográfico, sería un claro soporte para la propuesta teórica que defiende la existencia de un lenguaje propiamente

cinematográfico al poder confirmar la existencia de articulaciones puramente fílmicas entre unidades constructivas del film.

1.1. El corte y el montaje cinematográfico

En sus orígenes el cine no tenía edición y se limitaba a filmar eventos, como puede ser una situación cotidiana (Jimeno, 1897), un espectáculo (Dickson y Heise, 1894) o un pequeño gag ficcionado (Lumière, 1895). Cuando surgieron los primeros films que unían diferentes planos combinándolos en serie, el corte en estos primeros montajes no cumplía una función discursiva, sino que tenía una utilidad puramente técnica (Calcina, 1896). Los orígenes del montaje resultaron ser una unión entre diferentes tomas que filmaban puestas en escena cerradas, ensamblándolas entre ellas creando una única narración (Zecca, 1901). Este tipo de montaje permitía prolongar la duración física del metraje más allá de una bobina de negativo de duración y juntar escenas filmadas completas simulando una estructura narrativa inspirada en la puesta en escena teatral (Burch, 1987). El lenguaje cinematográfico no estaba desarrollado y con excepción de algunos cineastas que utilizaban trucajes en sus films (Guy, 1903; Méliès, 1898; de Chomón, 1907), no se consideraba el cine como un medio de expresión autónomo. A esta fase previa al desarrollo del montaje como herramienta de articulación narrativa, cuando únicamente cumplía una necesidad de unir una sucesión de sucesos en diferentes espacios, Burch (1987) la denominó *modo de representación primitivo* (MRP). Frente a esta perspectiva puramente técnica del montaje primitivo, destaca el film *Stop Thief!* (Williamson, 1901a), que elabora una persecución seccionándola en tres planos, dividiendo un mismo hecho narrativo en diferentes bloques estancos filmados, construyendo la persecución completa en montaje. El simple hecho de dividir una misma acción en tres planos diferentes, rompiendo mediante combinación entre tomas filmográficas la estructura de espacio y acción sin flujo entre planos de herencia teatral, significa un indicio claro del final del MRP.

Alice Guy y la escuela de Brighton (Sadoul, 1959) anticiparon el final del MRP en los primeros años del siglo XX. En 1902, en el film *Sage-femme de Première classe* (Guy, 1902), Guy realizó de forma imprecisa pero intuitiva un corte en continuidad utilizando la acción de abrir una puerta como nexos entre los planos que conforman el corte. Un año antes Williamson, director perteneciente a la escuela de Brighton, fragmentó la misma escena cinematográfica en varios planos, cambió el punto de vista narrativo por medio del corte y varió la escala de plano en continuidad (Williamson, 1901b; 1901c). En el caso de Guy podemos observar cómo el cambio de plano deja de ser una simple sucesión de momentos narrativos estancos para que, por medio de acciones repetidas, la acción haga de puente sobre la discontinuidad física del cambio de plano creando un flujo narrativo entre tomas. En el caso de Williamson, aparece en el corte una administración de la información mostrada y reservada, además de una gestión de la relación emocional entre el espectador y lo narrado. Estas innovaciones evolucionaron con Edwin S. Porter en 1903, uniendo secuencias que suceden paralelamente en *The Life of an American Fireman* (Porter, 1903), inspirada en *Fire!* (Williamson, 1901c), y con *The Great Train Robbery* (Porter, 1903). En *The Life of an American Fireman*, Porter creó un tiempo fílmico propio más allá del tiempo físico de duración del plano, logrando generar un tiempo de desarrollo de las situaciones no dependiente de lo que estas duran en el plano, sino resultado de cómo se articulan los planos que cubren la situación. En *The Great Train Robbery* existe un corte a un plano medio de un pistolero disparando a cámara, dando importancia emocional al cambio de escala de plano y deconstruyendo el espacio fílmico, es decir, el espacio supera las limitaciones del encuadre pasando a existir más allá de estos. Esta nueva forma de tratamiento espacial nos lleva al final de lo que Burch (1987) denominó *cuadro autárquico* típico del MRP, donde toda la realidad narrativa está contenida en el marco filmado, para dar lugar al concepto de *encuadre* que disecciona el espacio y requiere una articulación entre diferentes planos para generar la espacialidad de la narración. Estas innovaciones supusieron una revolución en la

forma narrativa cinematográfica y dieron paso a la forma de representación fílmica que nos ha llegado hoy en día. Burch (1987) estableció esta revolución como el final del MRP y el paso al MRI (modo de representación institucional). A partir de esta transición es cuando se podría empezar a hablar del origen del lenguaje cinematográfico, completamente vinculado al corte y al ensamblaje entre planos con una intención narrativa y dramática.

Es importante tomar con relatividad los hitos concretos relatados en los orígenes de la historia del cine, ya que estamos lejos de conservar gran parte de la producción cinematográfica desde la primera proyección pública hasta los años 30-40 del siglo XX, cuando se sustituyó el nitrato en la composición del negativo por triacetato de celulosa. Un estudio sobre los archivos fílmicos conservados en EE.UU. concluye que de toda la producción cinematográfica estadounidense entre 1912 y 1929 de la que se tienen indicios de su existencia, se conservan completas únicamente el 14% de los films y no se conserva nada del 70% de la producción filmográfica (Pierce, 2013). A pesar de que los hitos en la historia del cine previo a los años 30 no puedan asignarse con seguridad a nombres propios, sí que se observa gracias a los casos conservados una evolución clara, permitiendo estimar una aproximación de cuándo aparecieron nuevas formas de representación fílmica y qué directores las ejecutaron, aunque no podamos asegurar con seguridad que fuesen los primeros en hacerlo.

La articulación del corte en el MRI es lo que da lugar al concepto de montaje cinematográfico. La forma en la que se ensamblan los diferentes planos es uno de los aspectos más estudiados en la teoría cinematográfica a lo largo toda su historia. En los años 20 se consideraba que la unión de planos era la esencia para la construcción de la narración fílmica (Eisenstein, 1949a; Sklovski, 1928). Según algunas corrientes cinematográficas se llegó a considerar la característica nuclear que diferenciaba el cine del resto de disciplinas artísticas, dando lugar a movimientos estéticos radicales como el cine abstracto (Léger y Murphy, 1924; Ruttmann, 1921; Eggeling, 1924). En esta línea de experimentación cinematográfica se

buscaba la supresión de todos los elementos prescindibles que pueden articular un film para realizar lo que denominaron *cinéma pur*, basándose únicamente en el montaje de imágenes en movimiento. El concepto de *cinéma pur* fue acuñado por Henri Chomette y lo aplicó en obras como *Reflets de lumière et de vitesse* (1925) o *Cinq minutes de cinéma pur* (1926). A través de las formas, el movimiento y el ritmo, los cineastas pertenecientes al cine abstracto o al *cinéma pur* trataron de aislar la naturaleza del lenguaje cinematográfico desde la praxis con sus obras. Estas corrientes de vanguardia artística se convirtieron en formas estéticas cinematográficas que buscaban la afirmación del lenguaje cinematográfico, en oposición a las características heredadas del evento filmado que supuso el concepto original del cine con el MRP.

Teóricos soviéticos de la misma época (Sklovski, 1928; Eisenstein, 1949b) definieron el montaje como la sintaxis cinematográfica, a través de la cual se articula el lenguaje cinematográfico que da lugar a la narración fílmica. Para Sklovski (1928), defensor del lenguaje cinematográfico, el film se genera a través de un código fácilmente asimilado por cualquier persona, pero que necesita ser aprendido. Pone como ejemplo cuando se proyectó por primera vez *Intolerancia* (Griffith, 1916) en la URSS y los espectadores abandonaron la sala de exhibición porque no les gustó la película, mientras que, tras el paso de los años, el mismo público pudo “leer” a Griffith y disfrutar el mismo film sin problemas. Sobre el hecho de que las productoras internacionales de su época hiciesen diferentes versiones de montaje dependiendo del país destino de las copias a pesar de ser cine mudo, Sklovski lo justificó como la existencia de zonas geoculturales con su propio dialecto cinematográfico. El concepto de dialectos cinematográficos se podría relacionar hoy en día con los modelos de representación fílmica correspondientes a diferentes regiones culturales, mostrando diferencias sustanciales como puede apreciarse entre el cine de Hollywood y de Bollywood. Más adelante, la corriente teórica francesa que arrancó en los años 60 defendiendo la existencia de un lenguaje cinematográfico propio que articula el film, localizó en la unión entre planos la génesis del discurso fílmico (Mitry,

1963), coincidiendo con toda la teorización soviética sobre la sintaxis cinematográfica. Deleuze (1984) por su parte, relaciona el montaje directamente con la generación y articulación del tiempo fílmico: “El montaje es esa operación que recae sobre las imágenes en movimiento para desprender de ellas el todo, la idea, es decir, la imagen del tiempo” (pág. 51).

El estudio teórico sobre qué supone el montaje en el film ha seguido desarrollándose hasta la actualidad, siendo un tema que continúa analizándose en profundidad (Cutting, 2014; Amiel, 2001; Murch, 1995) llevando a diferentes interpretaciones sobre qué es el cine y cuál es su naturaleza (Caballero-Molina, 2009; Cañizares Fernández, 2002). Esta relación tan reiterada por diferentes teóricos entre montaje cinematográfico y articulación lingüística es la que lleva a que la presente investigación se centre en el instante de corte para realizar una aproximación desde la neurocinemática. Por ello, analizaremos el cambio de plano por corte tratando de comprobar si ejerce como articulador del discurso fílmico de forma objetiva a partir de mediciones biométricas cuantificables en el procesamiento neuronal de espectador.

1.2. La percepción fílmica desde la neurocinemática

En 1999 la neurociencia abordó estudios artísticos para orientar el acceso al conocimiento de la obra de arte desde el análisis del sujeto que observa (Ramachandran y Hirstein, 1999). A este nuevo campo de estudio se le llamó *neuroestética* y analizaba las denominadas *artes espaciales*¹ (Trías, 1991). Este nuevo enfoque científico permitió tratar el análisis cinematográfico desde un prisma diferente, pudiendo estudiar el fotograma desde un punto de vista neurológico en el espectador que observa. Sin embargo, no se analizaba su desarrollo en el tiempo por lo que eliminaba las principales características del film, que son la extensión

¹ Eugenio Trías (1991) clasificó las artes en espaciales (arquitectura, pintura y escultura), mixtas (cine, teatro y ópera) y temporales (música, danza y literatura).

temporal y la sensación de movimiento de la imagen dentro de esta temporalidad (Deleuze, 1982), limitando el análisis a fotogramas estáticos.

No fue hasta más adelante cuando surgió un estudio neurológico que seguía la senda de la neuroestética, pero respetaba la temporalidad y el movimiento intrínsecos del film, acuñándose el concepto de *neurocinemática* (Hasson *et al.*, 2008). En este estudio, Hasson y su equipo monitorizaron a tiempo real la reacción neurológica de diversos espectadores viendo *El bueno, el feo y el malo* (Leone, 1966) y establecieron las bases para un nuevo sistema de análisis cinematográfico que ha supuesto un cambio en el planteamiento metodológico de los estudios fílmicos. La neurocinemática ha levantado un gran interés en el mundo científico y desde entonces se han abierto numerosas líneas de investigación en este campo (Zacks, 2015; Kauttonen, Kaipainen y Tikka, 2014; Im, Jun-Hak y Jeong-Hwan, 2015; Pike, Wilson y Benford, 2016). La neurocinemática tiene como premisa metodológica la obtención de información mediante la monitorización en tiempo real del espectador que está viendo una película o fragmento fílmico. Los estudios se realizan principalmente a través de la resonancia magnética (fMRI), el electroencefalograma (EEG) y el tracking visual (Hasson *et al.*, 2008; Heimann *et al.*, 2014; Smith, 2013) entre otros sistemas de registros biométricos. Estas técnicas de medición permiten relacionar los resultados de sus registros con procesos neuronales concretos y conocer, a través su comparación con la literatura neurológica existente, qué sucede en nuestro cerebro cuando vemos el film.

Desde la neurocinemática, a pesar de que podemos conocer los procesos cognitivos del espectador, lo que acabamos obteniendo es un reflejo de las consecuencias concretas del film exhibido. Debido a ello es importante combinar los resultados obtenidos a partir del estudio en tiempo real del sistema cognitivo en el espectador con las características específicas de la obra que ha supuesto el evento desencadenante del proceso neurológico. Es necesario pues, tener presente la teoría cinematográfica al analizar desde la neurociencia el evento que

genera el input cognitivo y así poder comprender cómo afecta el film de forma concreta en el espectador. Se trata de acceder a la naturaleza del medio cinematográfico a partir de resultados que refieren al sistema cognitivo humano, intentando de esta forma revelar las estructuras que articulan la obra analizada consiguiendo generar emociones en el espectador.

Desde la propuesta de investigación que representa la neurocinemática se asume que la neurociencia por sí sola no puede llegar a resolver por el momento la naturaleza fílmica, pero sus resultados tienen una relación directa con el análisis clásico del film y la teoría cinematográfica previa. A través del análisis cinematográfico clásico (Aumont y Marie, 1988; Casetti y di Chio, 1990) podemos desfragmentar el film, aislar los elementos que articulan el discurso cinematográfico y a través de la neurocinemática podemos analizar y diferenciar los mecanismos de cognición implicados en gestionar los elementos que conforman el film como objeto de estudio. Establecida esta relación metodológica podemos analizar qué sucede en el espectador cuando recibe un discurso articulado a través de diferentes combinaciones de recursos cinematográficos, pudiendo establecer por tanto una aproximación a la teorización cinematográfica desde la neurociencia.

En el momento de elaboración de la presente tesis doctoral, la neurocinemática todavía no ha sido utilizada para profundizar en las principales teorías que tratan de definir cuál es la esencia del medio cinematográfico. Por esto es necesario, para poder alcanzar un conocimiento profundo de la realidad fílmica desde la neurocinemática, establecer una relación con las teorías clásicas cinematográficas y de análisis del film. En consecuencia, la presente tesis doctoral presenta un recorrido teórico que permite abordar la carencia expuesta y posteriormente una propuesta metodológica que desarrolla un sistema analítico basado en la convivencia y retroalimentación entre el análisis fílmico clásico, la teoría cinematográfica ya existente y la neurocinemática. El objetivo es conseguir resultados exhaustivos y relevantes en el análisis del cambio de plano por corte e incorporar al debate teórico acerca de la posible

existencia de un lenguaje cinematográfico las nuevas posibilidades disponibles gracias a la metodología neurocinemática, ofreciendo datos empíricos. Para ello, nuestra investigación empírica se centra concretamente en la toma de datos por medio del electroencefalograma (EEG) analizando los ritmos neuronales a través del ERD/ERS (*event-related desynchronization/synchronization*).

Acorde a los estudios previos existentes, a través del estudio de los ritmos neuronales registrados en el electroencefalograma que nos permite conocer el ERD/ERS, es posible localizar y determinar patrones de reacciones neuronales que se producen en el espectador ante estímulos audiovisuales concretos dependiendo de las bandas de frecuencia y electrodos donde se produzcan eventos significativos (Costa, Rognoni y Galati, 2006; Heimann *et al.*, 2016). Se han realizado diversos estudios con esta metodología con espectadores visionando material audiovisual y cada vez se están descubriendo reacciones neuronales ante características más sutiles del medio cinematográfico, como por ejemplo cómo varía la identificación del espectador con lo observado dependiendo de la técnica del movimiento de cámara (Heimann *et al.*, 2014) o cómo le afecta un corte con salto de eje² (Heimann *et al.*, 2016). Utilizando esta metodología de toma y análisis de datos proponemos dar un paso más en el análisis fílmico desde la neurociencia, profundizando en la teoría cinematográfica previa, concretamente en la referente a la teorización alrededor del cine como lenguaje, el corte cinematográfico y el análisis fílmico clásico. Es importante que los avances en neurocinemática no queden en piezas sueltas y comiencen a agruparse bajo un corpus que proponga una visión propia sobre qué es el cine y cuál es su naturaleza. En esta línea se considera un modelo la investigación de Smith (2005), que tras sus experimentos sobre mecanismos cognitivos del espectador

² El salto de eje se considera una infracción en el considerado montaje invisible. Si se crea un eje imaginario entre dos elementos, todas las posiciones de cámara a un lado del eje mantienen los elementos situados espacialmente uno a la izquierda y otro a la derecha (Katz, 2000). En el caso de saltar el eje la disposición espacial se invierte, produciendo la evidenciación del cambio de plano.

cinematográfico desarrolló una propuesta teórica integradora, relacionando la teoría clásica cinematográfica con el sistema cognitivo y los mecanismos neuronales.

1.3. Análisis cinematográfico clásico

El considerado análisis cinematográfico clásico (Frampton, 2006; Marubbio y Buffalohead, 2013) tiene una gran tradición teórica, muy anterior a la neurocinemática, teniendo sus bases en el constructivismo soviético (Kuleshov, 1934; Pudovkin, 1957; Vertov, 1954; Eisenstein, 1949a) y las aproximaciones semióticas desarrolladas por teóricos franceses (Metz, 1971; Bazin, 1958; Mitry, 1963). En base a estos enfoques teóricos se diseñaron diferentes sistemas de análisis fílmico, hasta que en los años 90, bajo la influencia de las teorías de análisis artístico de Panofsky (1939), se estandarizó la metodología de análisis de obras fílmicas más utilizada actualmente (Aumont y Marie, 1988; Casetti y di Chio, 1990). Esta metodología de análisis consiste en descomponer la obra hasta su unidad mínima y en ese momento recopilar toda la información de las partes que la componen. Una vez finalizado este primer paso, se asciende hacia agrupaciones más generales, realizando un análisis interpretativo de las partes mínimas agrupadas, hasta llegar de nuevo a la obra completa, pudiendo solo entonces interpretar de forma íntegra el objeto de estudio.

El origen del análisis fílmico se remonta hasta las primeras proyecciones cinematográficas de la historia, cuando se escribían crónicas sobre lo que se veía o se podía ver. Un cambio sustancial sucedió hacia los años 50, cuando la crítica del film comenzó a especializarse y dio lugar al análisis estructural de la obra, acentuándose en los años 60 y 70 cuando el medio cinematográfico entró en el contexto universitario y se sistematizaron los procesos analíticos. Uno de estos pioneros del análisis fílmico en los años 50 fue Bazin (1953), con sus artículos en la revista cinematográfica *Peuple et culture*. En estos años se establecieron las bases de la crítica y el análisis cinematográfico que, en comparación con la tradición crítica

en el resto de las artes, se podría decir que es una disciplina muy reciente. La introducción del cine en el marco universitario junto con la aparición de nuevas teorías y corrientes cinematográficas dieron paso a un análisis fílmico cada vez más sistemático y trabajado, al que se le denominó estructural (Aumont y Marie, 1988). A partir del momento en que se estandarizó el análisis estructural como base, fue adoptado por diferentes corrientes de pensamiento, dando lugar a tipos específicos de análisis fílmico como el estructuralmarxista, el semiopsicoanalítico, el neoformalista o el deleuziano. Según Aumont y Marie (1988), el análisis estructural del film fue la base para todas las diferentes tipologías de análisis que se han desarrollado hasta la actualidad. Casetti y di Chio (1990) definen la esencia del análisis fílmico como:

Un conjunto de operaciones aplicadas sobre un objeto determinado y consistente en su descomposición y en la sucesiva recomposición con el fin de identificar mejor los componentes, la arquitectura, los movimientos, la dinámica, etc.; En una palabra, los principios de la construcción y el funcionamiento (pág. 17).

Comprender la articulación de los elementos estructurales que componen el film es un aspecto clave para la correcta interpretación del objeto de estudio. Para poder desarrollar el análisis neurocinemático del corte como elemento articulador estructural del film, la discusión abierta por Mitry (1963) y Metz (1968) sobre si el cine es un lenguaje o no resulta imprescindible, ya que esta disertación tiene implicaciones interpretativas y metodológicas en la observación y fragmentación del objeto de análisis. El planteamiento de Casetti y di Chio (1990) enfoca el análisis fílmico como un proceso que parte de un objeto de estudio concreto del que se procede a la descomposición y análisis de sus partes para posteriormente reconstruirlo describiendo su composición y mecánica interna. Este procedimiento cumple lo que expone Lucía Lumbelli (1989) cuando afirma que en el análisis existe una relación directa entre reconocimiento y comprensión, donde el reconocimiento es la identificación de todo

cuanto aparece y la comprensión la capacidad de insertar lo que reconocemos en un marco de significación más amplio. Esto implica que en cualquier obra existe una relación directa entre el reconocimiento concreto de sus partes y su comprensión en el conjunto de la obra, generando un flujo estructural que el análisis se encarga de estudiar. Esta diferencia entre reconocer y comprender la consideran necesaria para el análisis tanto Casetti y di Chio (1990) como Aumont y Marie (1988), estableciendo y separando el análisis en dos procesos; describir e interpretar. Para ellos, la descripción es un trabajo minucioso, preciso y objetivo que consiste en reconocer los elementos que conforman el objeto de estudio, mientras que interpretar establece un dialogo entre los diferentes elementos y el observador.

En nuestra investigación seguimos el patrón expuesto de describir e interpretar, con la diferencia de que no solo nos centramos en la obra fílmica como objeto externo, sino que lo combinamos con las respuestas neurológicas registradas en el espectador visualizando el film. Así, recurrimos al análisis fílmico clásico para clasificar los cortes que exhibimos a los espectadores durante el experimento, describimos los resultados de la exposición ante el cambio de plano por corte a partir del registro de información a través del electroencefalograma y procedemos a una interpretación conjunta de todas las partes. A través de este proceso resolveremos el objetivo de la presente investigación, que es localizar e identificar patrones cognitivos ante el cambio de plano por corte. Para conseguirlo aportaremos pruebas para determinar hasta qué punto puede considerarse que el corte actúa como articulador en la estructuración de la narración fílmica desde la perspectiva del espectador.

1.4. Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es caracterizar el cambio de plano por corte en la edición cinematográfica como articulador fílmico mediante la identificación de patrones cognitivos en la respuesta neuronal de los espectadores que visionan el cambio de plano.

Identificar la presencia y determinar la naturaleza de los patrones cognitivos desencadenados en el espectador por el cambio de plano por corte es condición necesaria para establecer su función como elemento de articulación fílmica, acercándonos a la posibilidad de una sintaxis articuladora del lenguaje cinematográfico. Así como la presencia de estos patrones en la reacción neuronal ante el evento del corte no supone una afirmación definitiva de la existencia de un lenguaje cinematográfico, sí que la ausencia de estos supondría un argumento a favor de que el cine no tiene un lenguaje propio, dando soporte a la propuesta de que lo conforma una articulación de diferentes lenguajes (Metz, 1968). No localizar patrones neurológicos asociados al corte significaría que los mecanismos de respuesta neuronal deben buscarse no en los elementos propios del cine (el corte en nuestro caso), sino en los eventos de articulación característicos de cada lenguaje que lo conforma.

La presente investigación busca identificar estos patrones de reacción neuronal mediante la experimentación neurocinemática. Concretamente a través del estudio del ERD/ERS del electroencefalograma registrado en espectadores visualizando fragmentos de films existentes que contienen diferentes tipo de cortes entre planos. Los patrones obtenidos, dependiendo de la zona del cerebro donde se produzcan, el instante en el que sucedan y el rango de frecuencia de onda al que correspondan, nos permite asociar la respuesta neuronal con patrones cognitivos estudiados en la literatura neurocientífica (Nunez y Srinivasan, 1981). La búsqueda de patrones desencadenados por el corte mediante el ERD/ERS da lugar a dos objetivos secundarios:

- 1- Identificar y localizar patrones de reacción neuronal comunes a todo tipo de corte: proceso consistente en determinar si existen reacciones neuronales comunes ante el visionado de cualquier tipo de cambio de plano por corte.
- 2- Identificar y localizar patrones de reacción neuronal diferenciados dependiendo de la tipología de corte: proceso consistente en determinar las

diferencias existentes entre las reacciones neuronales desencadenadas dependiendo de la tipología concreta del cambio de plano por corte visionado.

Para poder establecer que el cambio de plano por corte es una articulación cinematográfica, alcanzando el objetivo principal, deben cumplirse las dos condiciones que dan lugar a los objetivos secundarios. La primera condición es verificar que todos los cortes responden neurológicamente siguiendo algún patrón común de reacción cerebral ante el cambio de plano. La segunda condición es que cada tipo de corte produzca mecanismos cognitivos específicos dependiendo de sus características concretas. Solo si se detectan unos patrones comunes al evento del corte y al mismo tiempo, una diferenciación entre las tipologías de corte, se puede definir el cambio de plano como un elemento articulador de la narración fílmica.

Alcanzar el objetivo secundario de diferenciar los distintos tipos de corte implica agrupar a priori los cortes dependiendo de sus características específicas. Por ello resulta necesario definir una taxonomía que indique cómo agrupar los cortes. Para realizar esta agrupación recurriremos a la teoría cinematográfica existente y a las diferentes propuestas de análisis fílmico centradas en el corte. Definida la taxonomía de agrupación será posible plantear un análisis que permita dar respuesta al objetivo secundario orientado a detectar el patrón de variaciones en la reacción neuronal entre diferentes tipos de corte.

Para realizar los experimentos que resuelvan los objetivos secundarios utilizando fragmentos fílmicos reales, necesitamos diseñar un sistema de análisis de datos que permita diferenciar qué es relativo al corte y qué no lo es. Esto nos obliga a realizar un estudio sobre toda la señal electroencefalográfica aplicando una metodología de análisis centrada en la detección y localización de los instantes temporales que muestran una reacción dependiente del evento del corte. Estudiar todos estos valores registrados requiere establecer un sistema de análisis de datos basado en comparativas entre pares de señales que aplicaremos de forma automatizada sobre la señal registrada procedente de los espectadores que han visualizado los

fragmentos audiovisuales. Para poder ejecutar el análisis programaremos un sistema analítico de la señal que se ejecuta por medio de *MatLab*³, realizando diferentes procesados matemáticos aplicados de forma automatizada que nos permiten localizar los patrones buscados.

Cumplidas las necesidad de diseñar un sistema analítico comparativo entre pares de señales de aplicación automatizada que localice las reacciones neuronales relativas al corte y un sistema taxonómico adecuado que nos permita una correcta clasificación de cada tipo corte, podremos resolver los dos objetivos secundarios y alcanzar el objetivo general, pudiendo definir de forma específica y particular cómo se procesa a nivel neurológico la articulación entre planos unidos por corte.

1.5. Acotación del universo cinematográfico para la investigación

Debido a que nuestro estudio se basa en el análisis del cambio de plano, que es un evento físico concreto del film, nos centramos en el cine de imagen real, en el que el cambio de plano corresponde a realidades filmadas por separado unidas con una intención narrativa. Al realizar la investigación sobre la articulación de una narración por medio de la manipulación de material filmado, resulta más adecuado recurrir a casos donde la narración se aleja de la captación fiel de lo real, es decir, utilizando casos de cine de ficción. Por tanto, el presente estudio se centra en el cine de ficción y de imagen real.

Para diferenciar lo que es cine de ficción del cine de no ficción tomamos la definición propuesta por Plantinga (1997) que señala la no ficción como el cine asociado a la realidad independiente al narrador a pesar de necesitar de la intervención del sujeto creador. Por el contrario, Plantinga define el cine de ficción como aquel que depende de la imaginación y voluntad del creador.

³ *MatLab* es la abreviatura de *Matrix Laboratory*. Es un software matemático que permite la programación y ejecución de procesos matemáticos. Además, también posibilita la comunicación con dispositivos *hardware* permitiendo gestionar los datos captados por el electroencefalograma durante el visionado de los clips audiovisuales. Se utiliza concretamente la versión R2017a, desarrollada por MathWorks y Cleve Moler (Natick, U.S.A.).

La otra delimitación del universo cinematográfico que establecemos para definir nuestro objeto de estudio es que esté incluido en el cine de imagen real, descartando todo lo que pertenezca a la definición del cine de animación propuesta por Rondolino (1974). Según Rondolino el cine de animación es aquel que responde a unas técnicas de filmación “(...) que prescindan de la reproducción mecánica de la realidad fenoménica, así como, en casos extremos, de la utilización misma de la cámara” (pág. 15). En esta definición del universo cinematográfico abordado, evitamos los límites ambiguos entre animación y ficción, expuestos en la revisión que hace Camporesi (2015) sobre la definición de Rondolino, más actualizada a las nuevas formas de animación y dedicando especial atención a las fronteras entre cine de animación y de imagen real.

Otro factor a tener en cuenta para la definición del universo cinematográfico abordado por el presente estudio es que nos interesa la generalidad a la que suele enfrentarse el espectador cinematográfico común, por lo que descartamos lo denominado por Burch (1987) modo de representación alternativo (MRA) y modo de representación primitivo (MRP). Nos centramos en el denominado modo de representación institucional (MRI), como hemos indicado en la introducción. El MRI supone la construcción del relato fílmico estandarizado y mayoritario en la actualidad. Descartamos el MRP debido a que carece de un ordenamiento narrativo-simbólico de lo representado, por lo que no puede conformar un lenguaje cinematográfico, limitándose al denominado *cine de atracciones* (Gunning, 1986). La característica principal del MRP para no tenerlo en cuenta es que el corte no tiene una función narrativa dentro de la escena, sino que es utilizado como una necesidad técnica para ordenar una escena detrás de otra o simplemente como herramienta para solventar la limitación de la duración física del negativo en el momento de la filmación, empalmando varios rollos de película por medio del montaje. A continuación puede verse en la tabla 1 el resumen de los principales aspectos que estableció Burch como diferenciadores entre el MRP y el MRI.

Tabla 1: *Diferencias entre el MRP y el MRI descritas por Burch.*

MRP	MRI
Autarquía del plano o planos autónomos.	Fragmentación de la acción en plano y encadenado de estos mediante el montaje. Diferentes posiciones de cámara.
Posición horizontal y frontal de la cámara como un espectador teatral.	Creación del espacio fílmico como espacio “habitable” y el espectador como sujeto ubicuário. Negación de la cámara y diégesis.
Composición del cuadro en Plano General conjunto.	Diferentes escalas de plano.
Cuadro fílmico centrífugo, donde no hay un centro de atención claro y engloba todo lo narrado.	Encuadres orientados a un centro de atención. Narración por partes.
Presencias corporales sin gestualidad facial identificable.	Propiciar la diégesis con los personajes a través del rostro.
No-clausura del relato.	Relatos con final narrativo y tramas con cierre.

El MRA por su parte, implica una búsqueda en la innovación del medio de expresión cinematográfico, implicando en muchos casos una transversalidad en la creación de la obra cinematográfica que puede llegar a la videoinstalación, donde una pieza audiovisual se retroalimenta de otras proyectadas en paralelo (Julien, 2013; Korot, 1977). El MRA engloba a todos aquellos films que buscan superar el modo de representación institucional, buscando nuevas formas de expresión desde la técnica que permite el medio cinematográfico y en muchos casos desde la abstracción narrativa. Si existe un lenguaje cinematográfico, justamente el MRA intenta superar sus límites, por lo que su estudio genera una dificultad añadida e innecesaria cuando lo que nos interesa analizar es la convención fílmica generalizada. También descartamos toda la época de cine mudo al considerar que, si existe un lenguaje audiovisual, este se termina de conformar con la posibilidad física y técnica de añadir una banda sonora sincrónica al negativo (Bordwell y Thompson, 1995).

A modo de síntesis, centramos el estudio en el cine de ficción e imagen real abarcado por el MRI excluyendo la etapa del cine mudo. De esta forma, tratamos de obtener patrones generales a partir del momento de la historia cinematográfica en el que los teóricos que definen

la existencia de un lenguaje cinematográfico no tienen duda de que ya estaba definido (Bordwell y Thompson, 1995; Burch, 1987). Buscamos una delimitación en el espectro fílmico que sea lo más cercana posible al estándar general de lo que se considera un film de ficción, evitando los márgenes de la creación audiovisual que impliquen debates teóricos innecesarios para alcanzar el objetivo principal de la investigación.

1.6. Estructura de la investigación

En resumen, los pasos que sigue la investigación se recogen en la tesis de la manera que se expone a continuación. Primero debemos establecer dos marcos teóricos claramente diferenciados. En el capítulo 2 definimos el estado del arte de la teoría cinematográfica, mientras que en el capítulo 3 abordamos el estado de la cuestión relativo a la neurocinemática y los sistemas cognitivos relacionados con la percepción de la obra por parte del espectador cinematográfico. Una vez establecido el marco teórico de la investigación, en el capítulo 4 definimos la metodología para resolver el objetivo principal y cada objetivo secundario. La metodología describe el diseño experimental (4.1), la preparación de la señal de EEG registrada en el experimento (4.2) y el diseño del análisis comparativo entre las señales registradas (4.3, 4.4 y 4.5). Con el diseño metodológico de la investigación finalizado, procedemos a explicar el desarrollo experimental en el capítulo 5. En este capítulo explicaremos la implementación del registro electroencefalográfico (5.1, 5.2 y 5.3) y el procedimiento estadístico para conseguir cumplir los dos objetivos secundarios (5.4, 5.5, 5.6 y 5.7). Tras el desarrollo experimental, analizamos los resultados en el capítulo 6 y llegamos a su discusión en el apartado 7.1. Por último, estableceremos las conclusiones en el apartado 7.2 y propondremos posibles futuras investigaciones en el apartado 0. Una vez definida de forma resumida la estructura de la tesis, a continuación se explica con más detalle que contiene cada apartado.

En el capítulo 2 exponemos el estado de la cuestión de la teoría cinematográfica relacionada con la presente investigación, a través del cual podremos introducir la metodología neurocinemática en el debate sobre si el cine es un lenguaje o no desde datos empíricos que sirvan de argumentación. La aceptación de una u otra posición determina cómo realizar la decomposición del objeto de estudio para su análisis, condicionando la forma de conceptualizar las articulaciones entre las diferentes partes del film. Resulta necesario definir una posición ante el debate sobre el lenguaje cinematográfico, determinando la naturaleza de las articulaciones del film y definiendo el análisis fílmico que vamos a realizar. Por ello este capítulo expone el marco teórico cinematográfico alrededor del momento de corte, definiendo el propio corte y sus tipologías.

En el capítulo 3 establecemos el marco teórico de la neurociencia cognitiva que afecta al espectador cinematográfico y la neurocinemática. Esto nos lleva a revisar literatura sobre neurociencia que no está directamente relacionada con estudios cinematográficos, pero resulta imprescindible para apuntalar conceptos necesarios sobre mecanismos de cognición y patrones de reacción neuronal ante eventos concretos que podemos relacionar con la percepción del film. La neurocinemática, se basa en el ecologismo cognitivo, que propone analizar las reacciones neuronales del espectador ante el film de la misma forma que se analiza el sujeto ante la realidad. Por ello, necesitamos acudir a literatura neurológica que nos defina conceptos básicos para poder comprender como el espectador reacciona neuronalmente ante el cambio de plano por corte.

Para abordar el experimento neurocinemático, existen diferentes formas de registrar la actividad biométrica que permiten tener acceso a los procesos neuronales del espectador. Por un lado, están las aproximaciones indirectas, como son el escáner ocular, el reconocimiento facial, la medición galvánica o el ritmo cardíaco y, por otro lado, están las aproximaciones directas, como son el electroencefalograma (EEG) o la resonancia magnética funcional (fMRI). Concretamente se realiza el estudio del electroencefalograma analizando el registro resultante en

el dominio de la frecuencia, lo que se denomina *event-related desynchronization/synchronization* (ERD/ERS), ya que, gracias a este sistema de análisis, podemos localizar excitaciones e inhibiciones neuronales que, gracias a la literatura neurológica, podemos relacionar con diferentes patrones de procesamiento cognitivo. Por esto, el marco teórico sobre neurocinemática expuesto en el capítulo 3 se centra en el análisis del espectador cinematográfico desde el EEG y más específicamente desde el estudio del ERD/ERS.

El capítulo 4 lo dedicamos a exponer la metodología que vamos a aplicar en la investigación. Para conseguir el objetivo principal y los objetivos secundarios, la metodología diseñada combina el análisis cinematográfico clásico con el análisis neurocinemático, que incluye un proceso experimental basado en el estudio del ERD/ERS de la señal registrada en el espectador a través del electroencefalograma. La metodología establece el diseño del visionado que se va a realizar en el experimento, definiendo los fragmentos fílmicos que se mostrarán (4.1.1), la clasificación centrada en el cambio de plano por corte basada en la teoría cinematográfica que se aplicará sobre los fragmentos fílmicos (4.1.2) y como se estructurará el visionado durante el experimento (4.1.3). Una vez registrado el electroencefalograma, se diseña la estrategia de análisis que nos permitirá cumplir los objetivos secundarios. El primer paso es preparar las señales para poder tener datos analizables, que se explicará en el apartado 4.2, donde estableceremos el diseño de las señales modelo ante el evento de corte sobre las que se realizará el análisis. Una vez obtenidas estas señales modelo, se describen los procesos de análisis comparativo entre señales que permiten hacer interpretables los resultados registrados por el EEG (4.3 y 4.4). A través de los análisis comparativos podemos resolver los objetivos secundarios y lograr el objetivo principal. Por un lado, podremos localizar patrones que se produzcan ante todo corte independientemente de sus características (4.3), y por otro, patrones diferenciales entre los tipos de corte presentes en los fragmentos fílmicos (4.4). Una vez

aplicada la metodología de comparación entre señales podemos analizar su comportamiento e implicaciones por medio del análisis de su ERD/ERS (4.5).

En el capítulo 5 se detalla el proceso experimental. Este proceso consta de una parte orientada al diseño del experimento neurológico, tanto en la disposición de los elementos físicos (5.1), como en la selección de espectadores (5.2) y el diseño de registro electroencefalográfico a nivel de software, hardware y mapeado de los electrodos que registraran las reacciones neuronales de los espectadores (5.3). El tratamiento de la señal registrada gestiona y opera los datos obtenidos de la captación del electroencefalograma sobre los espectadores hasta tener un conjunto de señales que podamos analizar en el dominio de la frecuencia (5.4). Por último, para poder localizar estos patrones neuronales de reacción ante el corte, realizaremos un análisis comparativo entre señales basado en detectar las correlaciones y dependencias del *power change*⁴ entre los diferentes fragmentos audiovisuales por medio del test de permutaciones, correlaciones de Spearman y análisis de pendientes, permitiéndonos resolver el primer objetivo secundario de localizar patrones comunes ante todo tipo de corte (5.5). Para cumplir el segundo objetivo secundario recurriremos al análisis de varianza entre los diferentes tipos de corte por medio de Kruskal-Wallis y al test de comparación múltiple de Tukey-Kramer, identificando las diferencias que se producen entre diferentes tipos de corte según sus características específicas (5.6). Los patrones de reacción neuronal detectados para ambos objetivos secundarios (5.5 y 5.6) pueden producirse al mismo tiempo en una región neuronal más amplia que la detectada por un solo electrodo o puede darse el caso de que en una banda de frecuencia de frecuencia se produzca excitación al mismo tiempo que en otra banda se produzca inhibición. Por ello aplicaremos un tratamiento de datos específico para

⁴ Los valores del *power change* reflejan las variaciones en los ritmos neuronales, implicando si en un determinado intervalo de tiempo están participando en las funciones neuronales registradas un mayor o menor número de neuronas (Doppelmayr *et al.*, 1998). A través de estos valores podemos detectar excitaciones e inhibiciones en diferentes áreas neuronales mediante el análisis del ERD/ERS.

comparar los modelos de reacción neuronal relacionados al cambio de plano por corte localizados en la misma ventana temporal para diferentes electrodos para la misma o diferentes bandas de frecuencia. Este procedimiento se define en el apartado 5.7.

Una vez obtenidos los resultados procedemos a su descripción en el capítulo 6. La metodología y el desarrollo experimental aplicado sobre el *power change* obtenido a partir del EEG permiten realizar comparaciones concretas entre los patrones de reacción neuronal ante el corte en diferentes films. Detallamos la localización frecuencial y espacial en el mapa cerebral de los patrones neuronales identificados en los resultados, lo que nos permite recurrir a los estudios previos expuestos en el capítulo 3 para reconocer con qué tipo de mecanismo cognitivo se corresponden.

El capítulo 7 contiene la discusión de los resultados y las conclusiones. Primero se aborda la resolución de las necesidades técnicas de la investigación, que es el diseño de un sistema metodológico que hace posible la captación de la señal EEG de forma síncrona con el visionado de fragmentos fílmicos (apartado 7.1.1), y posteriormente se aborda la identificación de las reacciones neuronales a través del análisis ERD/ERS de las señales registradas (apartado 7.1.2 y 7.1.3), permitiendo la localización de las zonas de interés y diferenciando entre lo que es relativo al corte y lo que no. Para poder realizar este análisis de la señal neurológica registrada, discutimos la agrupación taxonómica más adecuada en la clasificación del tipo de cambio de plano para el estudio neurológico del corte (apartado 7.1.3.1). Para finalizar se desarrollan las conclusiones generales en el apartado 7.2 y se exponen futuras investigaciones que se quieren realizar a partir de la finalización de la tesis desarrollada en el apartado 0.

La discusión acerca de la existencia de un lenguaje cinematográfico requiere, como hemos explicado, de nuevas aproximaciones para poder salir del ciclo teórico aparentemente irresoluble en el que se encuentra. El análisis de los argumentos a favor evidencia la necesidad de identificar unidades mínimas de significado y sus mecanismos de articulación que permitan

establecer un enfoque sintáctico (Eisenstein, 1949b; Mitry, 1963; Ballarín, 2011; Madsen, 1973). Abordar esta cuestión desde la neurocinemática nos lleva a plantearnos el debate desde el punto de vista del espectador debido a la naturaleza experimental mediante el registro biométrico de la persona que observa el film. La neurocinemática abre la posibilidad de establecer la existencia de articulaciones cinematográficas, ya no desde la mera discusión teórica, sino desde la respuesta neurológica ante estímulos concretos.

Así pues, la existencia de patrones neurológicos que se desencadenen debido a la exposición del espectador ante el cambio de plano por corte, será una condición necesaria para poder postular el corte como elemento articulador y, por extensión, apoyar la existencia de un lenguaje cinematográfico. De igual modo, la diversidad en la configuración del corte debido a los planos que lo conforman en su unión forma parte de la naturaleza articulativa del corte, nos obliga a establecer hasta qué punto desde la neurocinemática podemos diferenciar las tipologías de corte. Esta capacidad articulativa, entronca de nuevo, con las propiedades que requiere el medio cinematográfico para poder considerar la existencia de un lenguaje propio. Debido a estas características realizamos un análisis partiendo de la teoría cinematográfica sobre las características y tipologías del cambio de plano por corte como paso previo para establecer la configuración de los experimentos que permiten tener en consideración la existencia de una lectura del film por parte del espectador. En definitiva, partimos de la teoría cinematográfica, para planificar un proceso experimental que desde los planteamientos teóricos y metodológicos de la neurocinemática nos permita aportar datos que sirvan para avanzar en la discusión sobre cómo definir la estructura de la narración fílmica. A continuación en la figura 1 podemos ver un esquema que simplifica y resume la estructura en la que se organiza la investigación.

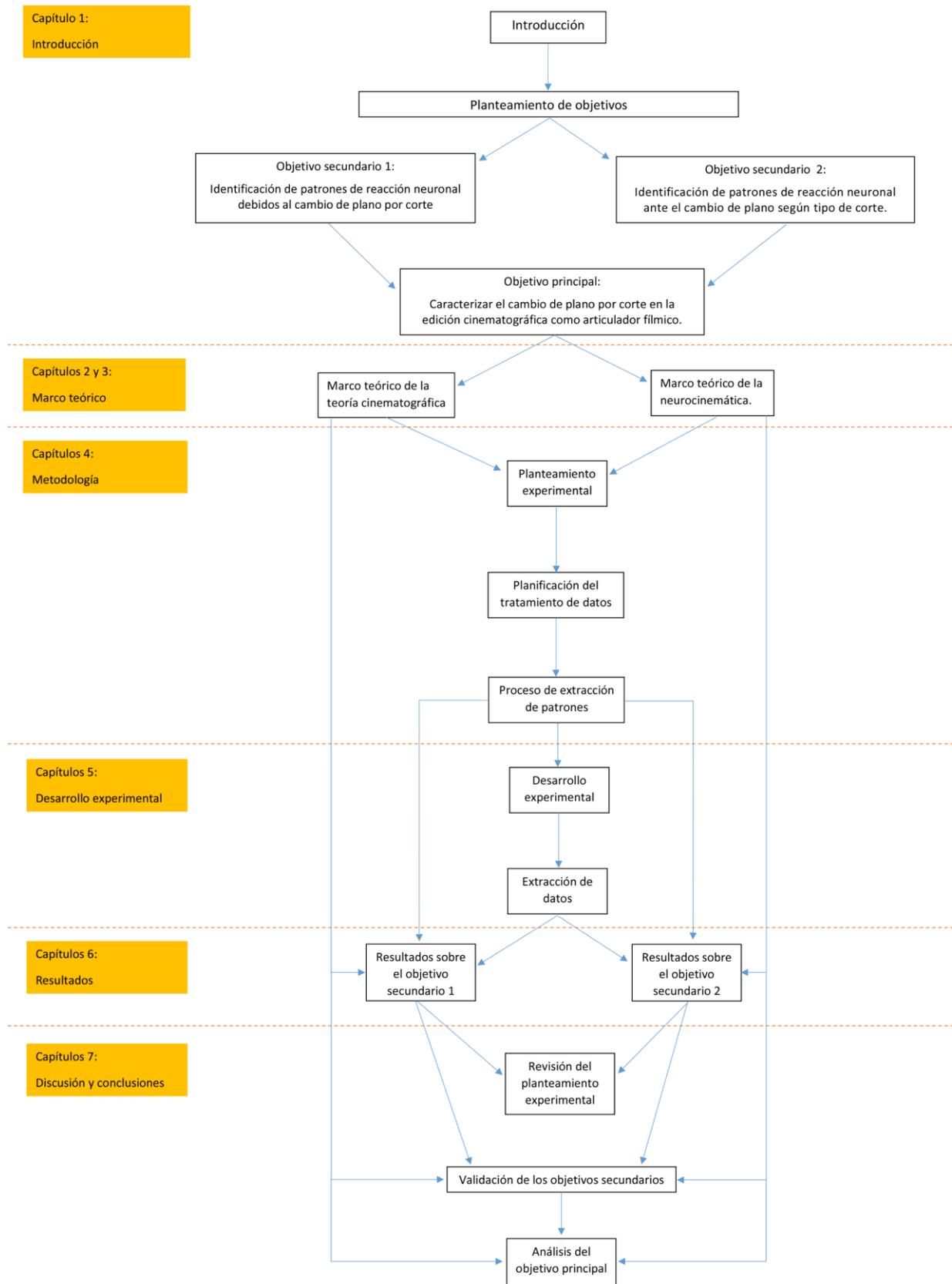


Figura 1: Esquema de la tesis doctoral.

2. El corte ante la teoría cinematográfica

Como hemos señalado anteriormente, el objetivo principal de la tesis es caracterizar, a partir del estudio neurológico por medio del electroencefalograma registrado en el espectador, el cambio de plano por corte como articulador cinematográfico en base a la relación entre el corte en la edición cinematográfica y los patrones de procesamientos cognitivos en la respuesta neuronal de los espectadores que visionan el cambio de plano. Para poder considerar el corte como articulador es necesario definir las unidades que son articuladas. La existencia de un lenguaje implicaría la existencia de unidades mínimas de significado y una articulación o sintaxis entre sus unidades (Mitry, 1963). Según los diferentes autores de la teoría cinematográfica que apoyan la existencia de un lenguaje cinematográfico, el cambio de plano por corte es el punto más claro donde se puede localizar con precisión la articulación entre las diferentes unidades que conforman la narración fílmica (Burch, 1969; Eisenstein, 1949a). Basándonos en este concepto, centramos el estudio en el instante de corte para localizar los patrones cognitivos asociados a variaciones estructurales del film. La detección de estos patrones neurológicos ante el corte permitiría definir la existencia de una articulación entre unidades mínimas propiamente cinematográficas, presentando una evidencia empírica en apoyo de la posible existencia de un lenguaje cinematográfico. Para la definición de la naturaleza del objeto de estudio y la metodología consecuente de análisis fílmico aplicada a la determinación y clasificación de las diferentes tipologías de corte partimos necesariamente de la premisa de que el cine es efectivamente un lenguaje. Por lo tanto, aceptamos que está conformado por unidades que se articulan en su unión y nos basamos en la propuesta del discurso narrativo fílmico realizada por Aumont, Bergala, Marie y Vernet (1995), ya que lo definen incluyendo al espectador dentro de la construcción del discurso, característica que hace la propuesta idónea para complementar el análisis neurocinemático.

2.1. El discurso narrativo fílmico

Debido a la aparición de las metodologías de análisis fílmico centradas en el espectador propuestas por la neurocinemática (Hasson *et al.*, 2008), toma relevancia recuperar la teoría sobre el discurso narrativo fílmico desarrollado por Aumont, Bergala, Marie y Vernet (1995), inspirada en la propuesta de Genette (1972) sobre el discurso narrativo literario. Esta propuesta es de especial interés para la neurocinemática, ya que incluye dentro del análisis textual del film el momento perceptivo del espectador, asumiendo que el significado final de la obra surge en el propio receptor del film. Este enfoque encaja perfectamente en la aproximación neurocinemática, que se basa en el análisis de la percepción del film por parte del espectador como fuente de información primaria para poder entender la propia obra. Según la propuesta de Aumont, Bergala, Marie y Vernet, el discurso narrativo fílmico se divide en tres instancias, las mismas que definió Genette, pero con matizaciones en sus definiciones al adaptarlas al medio cinematográfico. Estas tres instancias son el relato, la narración y la diégesis.

El relato está formado por todos los elementos que se encargan de contar la historia y corresponde al enunciado. El relato es “(...) el enunciado en su materialidad, el texto narrativo que se encarga de contar la historia” (Aumont *et al.*, 1995, pág. 106), implicando necesariamente un enunciador y un receptor. Esta instancia incluye imágenes, palabras, menciones escritas, ruidos y música contenidas en la obra fílmica. Cabe destacar la necesidad de su visión en conjunto ya que elementos como la música de un film, que en sí misma no tiene capacidad narrativa concreta por su abstracción, debido a su conjunción con el resto de elementos adquiere un valor narrativo, variando su naturaleza individual donde no significa acontecimientos (Mitry, 1963). Esta postura rompe la posibilidad de una articulación de lenguajes expuesta por Metz (1968) que implica una superposición de unidades y significados en lugar de una única unidad que da lugar a un significado. El relato fílmico es un discurso

cerrado⁵ que tiene una duración concreta en el tiempo, con un principio y un final. Sin embargo, la linealidad de la narración puede ser reordenada y alterada en su temporalidad, a través del orden de su construcción en su desarrollo interno, por lo que crea un tiempo irreal ficticio denominado tiempo fílmico.

La segunda instancia, la narración, consiste en el acto narrativo que se establece en la relación entre enunciado y enunciación. La narración tiene dos niveles: la instancia narrativa real y la instancia narrativa ficticia. La instancia narrativa real se refiere a todo lo que es el hecho cinematográfico, es decir, a todas aquellas personas que participan en la producción del film y por tanto cuentan la historia. La instancia narrativa ficticia es interna a la historia, estando explícitamente asumida por personajes que narran la historia y por tanto estableciendo el punto de vista de la obra, es decir, la identificación desde donde el espectador percibe la historia a través de la tercera instancia, que es la diégesis. La instancia narrativa real normalmente trata de eliminar toda marca de su existencia en el resultado final para facilitar la diégesis producida por la instancia narrativa ficticia.

La diégesis es la tercera instancia definida por Genette (1972) y adaptada al medio cinematográfico por Aumont, Bergala, Marie y Vernet (1995). Diégesis es todo lo que la historia evoca o provoca en el espectador. Es un concepto narrativo ampliamente analizado a lo largo de la historia desde la referencia clásica sobre la diégesis en *La poética* de Aristóteles (trad. 2004). Según Mitry (1963), la diégesis se produce cuando el relato cinematográfico pasa de la denotación a la connotación. De esta forma el hecho fílmico deja de suceder en un universo abstracto para pasar a ser un hecho presente en un mundo presente. Así un acto que fue representado de forma real en el instante de ser filmado pasa en su momento de

⁵ El concepto de discurso cerrado se refiere a la forma de consumo de la obra por parte del espectador, representando una estructura atencional dirigida, con una duración y evolución temporal predeterminada (Gaudreault y Jost, 1990). No se trata del concepto de obra abierta y cerrada definido por Barthes (1968) en cuanto a la posibilidad y libertad interpretativa que la obra permite al consumidor de esta.

reproducción a actualizarse y presentificarse. Es la reconstrucción mental que realiza el espectador a partir de las unidades cinematográficas percibidas (Jacquinot, 1977). La experiencia diegética que produce el film en el espectador ha llevado a teóricos cinematográficos a proponer una teoría sinestésica del film por su capacidad de transferencia vivencial y sensorial (Catanese, Scotto Lavina y Valentina, 2019). La neurocinemática ha abordado el concepto de la diégesis cinematográfica y la identificación con lo observado en el film a través de procedimientos experimentales. Uno de los principales focos de atención en los experimentos neurocinemáticos es el estudio del ritmo mu y la activación y desactivación de las neuronas espejo (MNS⁶), que está relacionado con la empatía y el concepto clásico de diégesis. El concepto de diégesis se podría comprender a nivel neurológico, ya que la identificación es un resultado emocional consecuencia del proceso cognitivo natural del espectador ante el film debido al MNS.

La propuesta teórica sobre el discurso narrativo fílmico realizada por Aumont, Bergala, Marie y Vernet, pone de manifiesto la relación entre el espectador y el film debido a la naturaleza temporal, reproducible y diegética de la obra. Estos factores son claves para el estudio de la obra cinematográfica desde la neurocinemática al respaldar la posibilidad de acceder al conocimiento cinematográfico de forma indirecta, es decir, analizar la obra fílmica a partir del estudio de cómo el espectador percibe la obra. Esta aproximación conceptual nos permite estructurar el análisis fílmico incluyendo dentro del proceso metodológico de análisis de la obra el estudio neurocinemático y respaldar su importancia en el estudio del discurso narrativo fílmico.

⁶ Mirror Neuron System. Definido por primera vez en el artículo «Premotor cortex and the recognition of motor actions» por Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Vittorio Gallese y Leonardo Fogassi en 1996 en la revista científica *Cognitive Brain Research*. Se relacionan con la identificación motora (Rizzolatti *et al.*, 1996) y emocional (Rizzolatti y Craighero, 2004) de lo observado por el sujeto.

2.2. El cine como posible lenguaje

Tanto Mitry (1963) como Metz (1968) concuerdan en que el cine es un medio de expresión que permite transmitir emociones, por lo tanto, tiene la capacidad de crear significado en el receptor. Debido a esta capacidad, ambos afirman que el cine es de naturaleza semiótica. Sin embargo, es en el estudio de la naturaleza del medio de expresión donde surge el desacuerdo.

Metz expone que el medio cinematográfico es el resultado de la articulación de un conjunto de dispositivos relativamente autónomos y absolutamente necesarios. Este planteamiento lleva a que los diferentes dispositivos que intervienen, como la música, el sonido o la imagen, articulen sus lenguajes siendo estos independientes. La consecuencia de esta articulación de lenguajes es la imposibilidad de que el cine por sí solo tenga significante propio. Para Metz, la experiencia cinematográfica se produce por la recepción por parte del espectador de diferentes significantes autónomos pertenecientes a lenguajes independientes combinados entre sí. Al descartar la posibilidad de que exista un significante propio del medio de expresión concreto, Metz desestima la existencia de unidades mínimas propias, por lo tanto, niega la posibilidad de un lenguaje cinematográfico. La aceptación de esta hipótesis implicaría que el análisis cinematográfico debe realizarse fragmentando el film no en partes propiamente cinematográficas, como por ejemplo puede suponer un plano, sino dividiendo la obra según las unidades propias de los lenguajes que lo conforman.

Mitry sitúa su posicionamiento teórico en el lado opuesto a Metz, ya que considera que el cine en sí mismo es un dispositivo semiótico⁷ y no una articulación de dispositivos. Defiende que todos los elementos que intervienen en el dispositivo cinematográfico generan unidades inseparables sin que pierdan su significado final, por lo que el significante que percibe

⁷ Dispositivo semiótico en cuanto a una estructura formal que permite percibir datos y transformarlos, similar a la llamada *estructura conceptual* de Jackendoff (1987). Baudry (1975) se refiere al dispositivo cinematográfico como todos aquellos aspectos del film que regulan la relación entre el espectador y la obra para generar una impresión de realidad.

el espectador es único y propio del medio de expresión cinematográfico. Señalando la existencia de un significante único, Mitry concluye en la existencia de un lenguaje cinematográfico propio en el film. Debido a esta cualidad, si tomamos la postura de Mitry para realizar un análisis sobre un film, deberíamos dividir el film en unidades propias al lenguaje cinematográfico, como por ejemplo es el plano, tomando todas sus partes (música, iluminación, interpretación, etc.) como un conjunto cerrado que generan un significado único.

Este debate marca dos tipos de teoría cinematográfica completamente diferentes dependiendo de la posición aceptada. Tomando el posicionamiento de Mitry, elementos como guion o montaje conforman caracteres de un mismo lenguaje y es necesario analizarlos conjuntamente, mientras que si se toma el posicionamiento de Metz, montaje y guion tienen naturalezas diferentes y convergen junto con otros dispositivos articulando el discurso fílmico, por lo que el análisis cinematográfico debe tratar los diferentes dispositivos de forma separada y después estudiar cómo es la relación entre ellos. Con el paso del tiempo, más allá de resolverse la discusión, la posición que niega la existencia de un lenguaje cinematográfico se ha diversificado en diferentes opciones como las que defienden teóricos y cineastas como Rivette (1951), Straub y Houille (1984), Oubiña (2003) o Deleuze (1985), algunos incluso negando la posibilidad del cine como resultado de la articulación de diferentes lenguajes autónomos. En la visión opuesta, cineastas como es el caso de Pasolini (1976), Egoyan (citado en Tirard, 2006) o Wenders (2010) y teóricos como Bettetini (1975), Eco (1976), Martin (1955), Stam (Stam, Burgoine y Flitterman-Lewis, 2005) o Bordwell y Thompson (Bordwell, Thompson y Smith, 1997) siguen apoyando la teoría de que el cine es un lenguaje desde diferentes propuestas, que principalmente se diferencian entre ellas en la definición de cuál es la unidad mínima del lenguaje cinematográfico.

Resolver la discusión sobre si el cine es un lenguaje o no, es imprescindible para la comprensión plena y el estudio óptimo de una obra cinematográfica, ya que, partiendo de una

premisa u otra, la unidad mínima de análisis y la morfología de sus divisiones estructurales varía completamente, dando lugar a múltiples posibilidades de interpretación estructural sobre una misma obra. Para poder realizar un análisis profundo del film es necesario marcar unos parámetros que definan y limiten el análisis a realizar y si no se establece una afirmación o negación sobre si el cine es un lenguaje es imposible definir unos límites objetivos. Esta falta de definición impide poder realizar un análisis fílmico objetivamente válido, debido a que la postura tomada implica cambios radicales en la metodología de análisis. Por ello, abordar el estudio de la naturaleza del film desde la neurociencia, trasladando la discusión a un marco experimental, puede significar la vía que acabe resolviendo el conflicto teórico y permita definir la naturaleza del medio cinematográfico.

2.3. Naturaleza del lenguaje cinematográfico

Si la postura de Mitry (1963) defendiendo que el cine es un lenguaje es correcta, deberían existir unidades mínimas de significado a través de las cuales se articula el lenguaje. Según Burch (1969), la unidad mínima del lenguaje cinematográfico sería el plano, que definió como “trozos de espacio y tiempo” a partir de los cuales se articula la narración. Propuesta que Bazin (1958) matizó tras incluir en su teorización el plano secuencia, diferenciando el concepto de plano físico, que es el fragmento fílmico contenido entre dos cortes, de una idea más abstracta de plano, al que atribuye el valor de construcción del lenguaje cinematográfico y al que llamó *hecho*. Bazin consideraba que la unidad básica del film es el hecho, siendo este una relación entre términos durante un periodo de tiempo concreto. Mitry (1987) también abordó los planos que contienen variaciones internas, definiendo un travelling como una sucesión de diferentes planos en una filmación continua que se presenta sin cortes. Existen similitudes en la idea del hecho de Bazin con las propuestas de Arnheim (1932) y Kracauer (1960) que definen el encuadre como unidad mínima. Este concepto implica que el cambio de encuadre supondría

una transición a una nueva unidad mínima. Algo similar definió Bellour (1989) llamándolo *subsegmentos*. De esta forma, el plano físico o segmento puede contener uno o varios encuadres, hechos o subsegmentos.

El plano físico se asocia al concepto de plano de montaje, consistente en la filmación contenida entre dos cortes. El plano tomado como encuadre o subsegmento sería definido por una variación formal, no necesariamente producido por un corte de edición, sino también por una diferenciación técnica que genera un cambio significativo en la configuración visual y/o sonora de lo representado. Tal como define Bellour (1989), se producen cambios menores en los segmentos (planos físicos) que dan lugar a los subsegmentos. Estas variaciones pueden ser apariciones de nuevos personajes, corte de plano, movimientos de cámara, un trasfoco, etc. Estas variaciones en la imagen por corte o cambios en la composición podrían ser integrables en las teorías de Eisenstein (1949a) sobre la sintaxis cinematográfica tomando como eje de articulación no el corte, sino adaptándolo al cambio de encuadre o subsegmento.

Además de esta división del plano en la búsqueda de la disección del film en unidades mínimas de significado, encontramos la propuesta defendida por Eco (1976) y Pasolini (1976), que determinan como unidad mínima cinematográfica lo que denominan *cinema*. Según Eco y Pasolini, el cinema representa la unidad mínima e indivisible del lenguaje audiovisual sin perder el significado y se define por una variación en el significado del plano, no necesariamente coincidente con un cambio de encuadre o subsegmento. El cinema sería para Eco y Pasolini la unidad mínima del lenguaje audiovisual y la definición de la una unidad mínima semántica, cuestión necesaria para defender la teoría de que existe un lenguaje. Podemos concluir siguiendo esta línea teórica que existe un plano físico o segmento que puede contener uno o varios encuadres o subsegmentos y a su vez cada encuadre o subsegmento puede estar formado por uno o varios cinemas.

Independientemente de la propuesta teórica que aceptemos para determinar cuáles son las unidades mínimas cinematográficas de significado, todas tienen en común que el cambio de plano por corte marca el paso entre dos unidades con significado diferentes y contiguas, siendo el punto más reconocible para realizar una aproximación experimental, tanto por la coincidencia teórica como por su localización física en el metraje del film. Esta coincidencia convierte el evento de corte en una transición físicamente identificable, permitiéndonos hacer una implementación experimental neurocinemática en un espacio temporal claramente acotado en torno a la percepción del corte por parte del espectador. Por ello, nuestro planteamiento experimental analiza al espectador que observa la obra fílmica localizando e identificando patrones neuronales ante el cambio entre unidades que representa el cambio de plano por corte. Dentro del estudio de los planos físicos, los encuadres o subsegmentos y los cinemas, abordamos el nivel más tangible por su fisicidad y concreción, que es el paso de una unidad a la siguiente consecuencia del cambio de plano físico o segmento, es decir, a través del corte. Para ello nos focalizaremos en detectar desde la neurocinemática patrones de reacción neuronal ante el corte como paso previo para definir el cambio de plano físico como articulación de unidades dentro de la narración audiovisual. Eisenstein (1949b), pionero en la definición del cine como lenguaje, teorizó sobre la sintaxis cinematográfica definiéndola como la consecuencia de la relación que se genera entre dos planos en un corte. Tal como dice: “El montaje es una sintaxis para la construcción correcta de cada partícula de un trozo fílmico” (pág. 106). Idea que también analiza Sklovski (1928) cuando dice “(...) el montaje es la sintaxis y la etimología del lenguaje cinematográfico” (pág. 124).

En la actualidad el corte sigue siendo defendido por muchos autores como el gran articulador del lenguaje cinematográfico, como por ejemplo hace Caballero-Molina (2009) en su tesis doctoral *El 'entre' como espacio generativo de la expresión fílmica*. Confirmar la existencia de articulaciones cinematográficas, a través de las cuales se produce la combinación

estructurada de unidades propiamente fílmicas, no dará una respuesta concluyente al debate sobre si el cine es un lenguaje, pero reforzará con metodologías empíricas las propuestas teóricas que abogan por su existencia. Debido a la naturaleza de nuestra investigación, basada en el cambio físico de plano, debemos retomar la teoría cinematográfica clásica existente sobre cuál es la naturaleza del plano físico como unidad para poder entender cómo se produce su articulación a través del corte.

2.4. El plano como unidad estructural

Retomando a Mitry (1963), nos centramos en el plano como una unidad definida entre dos cortes que se genera en el momento del rodaje y se secciona en montaje. Según Mitry, el plano es una unidad de construcción que engloba todo un conjunto de relaciones formando un significado. Desde este posicionamiento el análisis de la narración fílmica debe centrarse en el estudio del plano y la combinación entre ellos. En el momento que se diseccionan las partes del plano, el análisis pasa a ser sobre las herramientas utilizadas para producir un significado concreto. Suelen establecerse como áreas creadoras de la unidad fílmica la iluminación, el encuadre, la composición artística, la interpretación o la sonorización (Siety, 2004), es decir, los diferentes elementos que conforman el dispositivo semiótico cinematográfico. Áreas independientes que confluyen en la unidad del plano y que son percibidas de forma unívoca por el espectador, al igual que el pincel, el lienzo y el tinte, siendo independientes, determinan un único trazo (Mitry, 1963).

Según Eco (1976), la unidad cinematográfica tiene una triple articulación⁸. La primera la llama *semes*, que posee un significado reconocible, pero que puede cambiar por la segunda articulación a la que llama *signs*, que es de carácter icónico. Ambas están incluidas en una

⁸ Eco parte de las definiciones enunciadas por Prieto (1966) sobre los semas (*semes* en inglés) para enunciar una teoría general sobre la articulación de los códigos visuales en su ensayo *La estructura ausente* (Eco, 1968) previamente a aplicarla de forma específica en el medio cinematográfico (Eco, 1976).

tercera articulación definida por los condicionantes perceptivos del fragmento a la que denomina *figures*. De esta forma no podemos estudiar los elementos del plano por separado sin perder el significado total. Sin embargo, un elemento cualquiera de los contenidos en el plano de forma aislada y por separado ya tiene un significado por parte del receptor, por lo que nos remitimos a la revisión de Lacan (1957) sobre las teorías de Saussure (1916) para establecer que los diferentes elementos que conforman el plano son significantes y en su combinación generan un significado único.

Para Lacan (1957) los significantes no son solo palabras, sino también objetos, relaciones o síntomas. Un significante es todo aquello que es inscrito en el orden de lo simbólico. Una captación visual de la luz, una expresión, un espacio o la grabación de un sonido es una objetualización de una realidad a través del hecho cinematográfico, que a su vez ha sido creado con la intención concreta de generar una emoción y narración, por lo que está en el orden simbólico diferenciándose de una captación fortuita. De esta forma tenemos cada elemento del plano como un objeto simbólico en sí mismo. Por tanto, según Lacan, el significado se establece a través de la relación de los significantes entre sí, en su contraste, diferencias y similitudes. Esto refuerza la idea de plano como unidad, ya que es en la unidad de tiempo filmado donde se genera esta relación entre significantes y en consecuencia se produce en el momento de su percepción una interpretación con significado propio. Además, Lacan recalca que la diferente combinación de significantes puede dar lugar a significados diversos, tal como sucede con los elementos del plano, que en sus diferentes relaciones pueden dar lugar a múltiples combinaciones posibles produciendo significados diferentes. Si nos remitimos a los experimentos realizados por G. Cohen-Séat citados por Robert Francès (1968), dejan claro que si se produce una variación en alguno de los elementos que componen un fragmento cinematográfico sucede un cambio en la percepción. Debido a esto, la percepción se produce por medio de un significado único donde si alteras los parámetros no se genera una

simple variación en la percepción de un dispositivo, sino que se crea un significado nuevo. Esto es lo que Mitry (1963) llamó valor simbólico fugitivo del lenguaje cinematográfico.

2.4.1. Naturaleza dual y valor simbólico fugitivo del plano

Para Mitry (1963) el cine es un medio de expresión de emociones o sentimientos, es decir, no transmite ideas en forma discursiva. A partir de las impresiones que el film genera en el espectador se pueden sugerir ideas, pero siempre depende del receptor y se produce de forma vaga e imprecisa. Esta característica puede parecer que contradice las propiedades de un lenguaje, ya que debería tener la capacidad de expresar tanto ideas como emociones. Sin embargo, según Mitry, el medio cinematográfico es una forma estética del lenguaje, de la misma manera que lo es la poesía al verbo. Esta característica más allá de desacreditar el cine como un lenguaje lo que hace es matizarlo, ya que el cine resulta una forma estética que se sirve de la imagen y el sonido como medio de expresión y cuya sucesión organizada de forma lógica y dialéctica conforman el mensaje fílmico.

En cierta medida el cine podría considerarse una forma de lenguaje ideográfico como defendía Vachel Lindsay (citado en Stam, Burgoine y Flitterman-Lewis, 2005; citado en Hansen, 1992) si no fuese por una importante diferencia que expresó Mitry (1963), y es que la convencionalidad del símbolo es reemplazada por un valor simbólico fugitivo, dependiendo absolutamente del contexto visual y auditivo en el que se sitúa. Debido a esto, en lugar de recurrir al mismo ideograma cada vez que se desee significar una idea, cada idea puede ser significada de múltiples maneras y no tiene que ser significada siempre de la misma forma. No existe una fijación entre significante y significado, sino que es el contexto y sus relaciones lo que determina las significaciones momentáneas. Otra de las diferencias con el lenguaje ideográfico es que el significante deja de referirse a una idea mediante una transcripción simbólica para referirse a ella a través de una reproducción real de lo concreto filmado. Pero

aun siendo una representación de la realidad no es su simple calco, sino que crea un pseudo-mundo irreal, es decir, tiene una naturaleza dual. Esta propuesta de Mitry del cine como naturaleza dual, logró aunar dos posturas teóricas previas aparentemente irreconciliables sobre cuál era la esencia del cine. Tal como escribe Dudley Andrew (1984):

Recall that in classical film theory two metaphors of the Screen had vied for supremacy. Andre Bazin and the realists championed the notion that the screen was a "window" on the world, implying abundant space and innumerable objects just outside its border. But to Eisenstein, Arnheim, and the formalists, the screen was a frame whose boundaries shaped the images appearing on it. The frame constructed meaning and effects; the window displayed them. As I have pointed out before, Jean Mitry holds that cinema's particular advantage and appeal lies in maintaining the implications of both these metaphors. The cinema is at once a window and a frame (pág. 134).

La necesidad de una recreación real en el momento de la filmación y su representación fue contemplada por Aumont, Bergala, Marie y Venet (1995) cuando definieron la instancia narrativa real, que fue tomada muy seriamente por directores como Pasolini (1970) o Godard (1968). La coincidencia de la realidad con su representación hace que el cine en sí tenga la dualidad entre el medio de expresión y la propia expresión, lo que lleva a diferenciar el hecho fílmico y el hecho cinematográfico (Cohen-Séat, 1958). El hecho fílmico es el equivalente a la literatura y el hecho cinematográfico a la imprenta. Por medio de la captación de lo real concreto, mediante el hecho cinematográfico y a través del lenguaje cinematográfico, se produce el hecho fílmico. El hecho fílmico da lugar al relato fílmico. El relato fílmico está conformado por toda una serie de elementos que se aúnan para crear el discurso narrativo. Esta definición coincide con el planteamiento de un lenguaje cinematográfico como una unidad global de naturaleza dual y valor simbólico fugitivo (Mitry, 1963). Para poder analizar el film

y desgranar esos elementos concretos simbólicos que se aúnan generando un significado, tenemos que poder dividir la unidad (plano) en partes para su estudio. Una forma de fragmentar esta unidad es la propuesta por Burch (1969) en el concepto de *découpage*.

2.4.2. El *découpage* como combinación de significantes

El *découpage technique* (Burch, 1969) es el término francés que se identifica con el castellano de *guion técnico*, que coloquialmente es conocido simplemente por *découpage*. Se toma como *guion técnico* el propio guion con todas las indicaciones consideradas necesarias por el director para poder ejecutar el rodaje. No existe un único *découpage technique*, sino que cada departamento técnico que va a ejecutar el rodaje tiene también su propio *découpage technique*, ya que las necesidades técnicas son en muchos casos independientes entre las diferentes secciones del rodaje. Esta división es muy similar al primer nivel de análisis propuesto por Panofsky (1939) para estudiar una obra de arte, donde se analiza el objeto de estudio desde un nivel fáctico y expresivo, basándose en la percepción formal del significante.

La unión de todos estos *découpage technique* independientes conforman un *découpage technique* total, que esboza las líneas generales que cada departamento⁹ debe desarrollar en el rodaje y que permite articular el discurso fílmico con coherencia en las diferentes líneas de desarrollo del hecho cinematográfico. Todos los *découpage technique* existentes para llevar a cabo un rodaje, a pesar de ser independientes en sus requisitos concretos, tienen un origen y finalidad idéntica, que es articular un único discurso fílmico. Esto es lo que une el relato con la narración (Aumont *et al.*, 1995), tal como explicamos en el apartado 2.1 con las tres instancias del discurso narrativo fílmico. Primero se generan los *découpage technique* necesarios para realizar el film, lo que supone la instancia narrativa real,

⁹ En el rodaje se divide el trabajo por departamentos, cada uno dedicado a unas tareas concretas. Los departamentos se determinan por áreas técnicas requeridas para el proceso de filmación. De esta forma podemos encontrar en un rodaje el departamento de producción, dirección, arte, sonido, cámara, fotografía, etc.

que dan como resultado el relato de forma concreta. Este relato, en su evolución durante el tiempo que dura el film, da lugar a la instancia narrativa ficticia.

Para Burch el hecho fílmico se produce a partir de la abstracción de la narración ficticia en un *découpage* único, generado en su representación de forma real en el momento de rodaje y la filmación de esta representación, es decir, en la instancia narrativa real. Según Burch, este *découpage* único tiene lugar por la relación de dos *découpage* parciales, uno temporal y otro espacial. Desde un punto de vista formal, en el rodaje se están registrando trozos de tiempo y trozos de espacio. A su vez el *découpage* espacial es una serie de *découpage* espaciales con ausencia de *découpage* temporal. Este concepto teórico de *découpage* espacial y temporal es de gran importancia en la investigación, ya que implica una forma de articulación concreta a partir de la cual se genera el espacio y el tiempo fílmico. Este concepto es uno de los ejes centrales de las conclusiones que se exponen en el apartado 7.2. Por ello es de gran importancia definir de forma clara cómo se genera el espacio y tiempo fílmico en el marco teórico.

2.4.3. *Découpage* espacial y *découpage* temporal

Según Burch (1969) el *découpage* temporal se prevé en el rodaje y se concluye en el montaje, mientras que el *découpage* espacial se genera principalmente en el momento de rodaje. Es cierto que en el hecho cinematográfico el *découpage* espacial se realiza en rodaje, pero eso no implica que el *découpage* espacial establecido en el hecho cinematográfico sea coincidente en el hecho fílmico. A pesar de tener una dependencia absoluta, ya que un *découpage* espacial no rodado nunca existirá en el montaje desde los medios de producción tradicionales, no implica que no pueda aparecer en el espacio fílmico. La creación del espacio fílmico puede recurrir al fuera de campo con referencias auditivas o de los personajes, aumentando el espacio fílmico a una realidad propia no filmada. Tal como afirma Deleuze (1984) “Todo encuadre determina un fuera de campo” (pág. 33).

Noël Burch (1969), trabajando desde los escritos de Bachelard (1957) y las propuestas musicales de Barraqué¹⁰, determina la naturaleza espacial en el film según dos categorías diferentes; lo que está comprendido en el encuadre y lo que queda fuera de los cuatro límites periféricos del propio marco visual. Un ejemplo de fuera de campo dentro del encuadre sería aquello que está detrás de los objetos físicos del encuadre y que no podemos ver, como podría ser una persona que no vemos porque está tras una puerta que sí aparece en el encuadre. Bonitzer (1976) amplía el concepto de fuera de campo fuera del encuadre para incluir los propios mecanismos de captación como parte del fuera de campo, pero este aspecto se encontraría ajeno al hecho fílmico y por tanto al espacio narrativo, quedando exclusivamente como un fuera de campo dentro del hecho cinematográfico, pero no del hecho fílmico.

Deleuze (1984) determina la existencia de dos tipos de espacialidad fílmica fuera del cuadro visual, según su relación ente lo contenido por el encuadre y lo no contenido. El contenido del encuadre puede citar explícitamente la existencia del fuera del cuadro visual o puede simplemente ser una estimación lógica del espectador. El fuera de campo puede ser un conjunto más vasto que prolonga el encuadre o un todo que lo integra. Según el tipo de plano pertenece a uno u otro sistema, por mucho que se utilicen planos que aíslen lo contenido del entorno y encierre todos los componentes necesarios del instante fílmico, tal como compone la imagen Hitchcock o Renoir. Siempre hay un hilo conductor que nos refiere a un universo más allá del plano, haciendo que nunca sea exactamente coincidente el *découpage* espacial filmado con el espacio fílmico. Según Deleuze (1984), la capacidad del fuera de campo es “añadir espacio al espacio”, haciendo que un espacio finito, como es el encuadre, se incluya en un espacio más inabarcable, de la misma forma que sucede en la realidad, donde percibimos una

¹⁰ Jean Barraqué fue compositor musical e investigador en la Sorbona que seguía en sus composiciones la técnica del serialismo dodecafónico, basada en establecer escalas que incluyen todos los semitonos en un orden determinado sin poder repetir ninguna hasta terminar la serie habiendo tocado las 11 notas, impidiendo de esta forma la coherencia tonal.

parte del espacio de nuestro entorno, pero al mismo tiempo estamos incluidos en un espacio más inabarcable por su infinitud. Para Deleuze, cuando vamos más allá del fuera de campo como función contenedora espacial, da lugar al espacio vacío excluido en el cuadro pero que existe, adquiriendo una dimensión infinita por su vacío, una dimensión por consecuencia superior a la de la imagen mostrada a la que invade y modifica. Para poder desarrollar esta opción expuesta por Deleuze es necesario que en el encuadre algo remita a esa existencia más allá de lo visible dentro del marco visual del plano, dando lugar a una espacialidad más allá del encuadre y de la cual no se definen los límites. Según Roland Barthes (1964), desde un punto de vista semiológico, la imagen es signo de naturaleza real y presencial, mientras que el fuera de campo representa un índice, de naturaleza más psicológica, representando un “rastros” o huella de una realidad inexistente en el encuadre. Por tanto, este tipo de fuera de campo acontece cuando el índice supera al signo mostrado en el cuadro, es decir, cuando el fuera de campo supera la imagen mostrada.

La concepción contraria al espacio que supera la imagen sería el concepto de sutura como forma de corte (Oudart, 2005). A través de la sutura, las imágenes eliminan el espacio intermedio entre los elementos separados en la escena filmada (por ejemplo un campo-contracampo¹¹) borrando las ausencias y suturando la cadena de significado, imponiendo una unión coherente de imágenes complejas. Este concepto de sutura, que fue llevado a la teoría cinematográfica por Oudart, está inspirado en Miller (1988) desde una clara influencia del lacanismo (Vighi, 2005). A pesar de que el concepto espacial de la sutura resulte contrario al concepto espacial Deleuziano, ambos pueden darse de forma simultánea ya que, al estar en el

¹¹ Campo-contracampo se refiere a un tipo de planificación estándar basada en combinar dos planos donde el cambio de plano implica variar el ángulo de filmación alrededor de 180°, por lo que el campo (contexto/fondo) mostrado en un plano es cercano al espacio que queda tras la cámara en el plano anterior. El contracampo también es llamado *contraplano* y lo define el *Diccionario técnico Akal de cine* como: “Plano filmado con un ángulo de visión opuesto al precedente” (Konigsberg, 2004, pág. 134). A pesar de ser utilizado contracampo y contraplano como sinónimo, en muchas ocasiones el contraplano suele referenciarse en relación a un personaje y el contracampo al espacio.

orden de lo simbólico, la construcción del espacio y el tiempo fílmico se ajusta a la definición de Fromm (1951) de espacio y tiempo metafórico.

Tanto el concepto del espacio intuido como el del espacio suturado nos muestra que el *découpage* espacial rodado es fácilmente modificable en su proceso de combinación por medio de la edición en el momento de generar el espacio fílmico. Por otro lado, el *découpage* espacial rodado al tener carácter temporal y ser este un factor también modificable en el proceso de montaje, está fuertemente determinado en la fase de edición. Por lo que el *découpage* espacial, al igual que el *découpage* temporal, tienen su origen en el rodaje y su preproducción, pero se concluyen principalmente en el montaje dentro del proceso de posproducción.

Retomando el aspecto temporal del film, para Tarkovski (1985; 2017) la esencia del cine es el tiempo. Concretamente la propiedad de poder construir una realidad fílmica a través de imágenes del mundo creando simultáneamente una imagen propia del tiempo, estando este contenido en el plano. Esta postura entronca directamente con el concepto de *découpage* temporal propuesto por Burch (1969). Tarkovski (2017) denominó a los planos como “trozos de tiempo” que están unidos unos a otros por medio del corte. Para Tarkovski el montaje consiste en “articular el tiempo que fluye en el plano” (pág. 157). Deleuze (1982) considera que el montaje es la operación sobre la imagen-movimiento y crea la imagen del tiempo en el tiempo, pero que no por ello viene después de la filmación del plano, sino que en el momento que se planifica un rodaje con diferentes planos ya entra en funcionamiento el montaje. Según Deleuze y Tarkovski aparecen los primeros trazos del propio montaje en el proceso del hecho cinematográfico de filmación, antes del momento concreto de unir los planos en el proceso de edición. Es durante el rodaje y su preparación donde se empieza a definir el propio montaje, típicamente etiquetado como un proceso que se ejecuta a posteriori, con el material ya rodado. Cineastas como

Tarkovski¹² (2017) Eisenstein (1949a) o Hitchcock (citado en Truffaut, 1967) conciben una planificación y rodaje desde la idea del montaje. Esta concepción de montaje no como concepto estanco, sino como una parte que se vincula con el *découpage* temporal (Burch, 1969) en el momento de captación real, nos refuerza la idea de la posible existencia de un lenguaje cinematográfico autónomo, donde todas sus partes y procesos confluyen imponiendo limitaciones en el análisis para poder descomponer el objeto de estudio sin perder el significado.

El concepto de *découpage* es un pilar teórico imprescindible desde la consideración de que el cine es un lenguaje por varios motivos. El principal motivo es que el *découpage* posibilita un análisis que permite la descomposición de sus unidades de forma coherente. Así como la posición que niega la existencia de un lenguaje fílmico permite dividir un plano en los diferentes lenguajes que lo conforman y estudiar su relación, desde la posición que afirma que el cine es un lenguaje también se debe descomponer el plano en los significantes que lo conforman como unidad, para lo que resulta muy útil el concepto de *découpage*. Para poder realizar esta división de forma coherente y sistematizada, los diferentes *découpage technique* que conforman el *découpage technique* único permiten esta posibilidad. Además, los conceptos de *découpage* espacial y temporal nos remiten a la naturaleza del hecho fílmico y nos ofrecen un tipo de construcción ficcional específica del medio cinematográfico que lo diferencia de cualquier otra disciplina creativa. En base a estas características de la naturaleza del film, nos centraremos en la edición cinematográfica para tratar de comprender la naturaleza que posibilita la articulación del hecho fílmico. Por ello, el corte como articulador de las unidades filmadas de tiempo y espacio (Burch, 1969) con naturaleza dual y valor simbólico fugitivo (Mitry, 1963), se convierte en una parte esencial en la génesis de la narración fílmica (Aumont

¹² A pesar de que Tarkovski se posiciona en contra del cine de montaje definido por Eisenstein, ya que para Tarkovski el montaje es consecuencia de los ritmos internos del plano filmado y no debe de ser el montaje el que defina el ritmo de la escena.

et al., 1995). En base a un análisis fílmico centrado en la edición del film, siguiendo las metodologías de la descomposición para llegar a la comprensión general (Aumont y Marie, 1988; Casetti y di Chio, 1990), nos encontramos claramente una articulación discursiva que se localiza en la unión entre dos planos por corte.

2.5. El corte como articulador fílmico

Tras establecer el plano como unidad de construcción cinematográfica, hay que tener en cuenta la naturaleza de la articulación entre planos, consecuencia de la dualidad del plano y su valor simbólico fugitivo (Mitry, 1963). En un film, al ser una ordenación de planos en secuencia, se podría pensar que cada plano cumple la misma función en el conjunto que aislado de todo contexto, ya que suponen unidades de significado. Sin embargo, debido a su naturaleza dual y simbólica fugitiva, hay una diferencia en la recepción dependiente de la edición. El montaje necesita la labor consciente de recordar los planos anteriores y establecer una relación intelectual ante ellos, mientras que la percepción propia del plano como unidad se produce de forma inmediata, por lo que su naturaleza es más emocional y menos discursiva. El montaje tiene una naturaleza discursiva, mientras que el plano es de naturaleza emocional. Por tanto, el montaje es un discurso creado a partir de la ordenación de los significados de los planos, no es propiamente un significado generado por las relaciones entre los planos.

Para Deleuze (1984) el cine no se limita a mostrar una realidad fílmica que varía durante un tiempo físico, sino que es capaz de hacer variar los cuerpos y sus relaciones. Puede alterar los aspectos, las dimensiones, las distancias y las posiciones respectivas de los cuerpos que conforman un conjunto. Estas variaciones son las que se producen en el corte y la conjunción de todas ellas son las que conforman el montaje. El corte se convierte en un instante de gran importancia, ya que el cine a través del cambio de plano no solo es capaz de mostrar

un fragmento de movimiento coincidente con el tiempo físico, sino que consigue sobrepasarlo y crear un espacio y tiempo fílmico propios en los que se articula la narración fílmica.

Burch (1969), tomando como referencia principalmente los estudios sobre el montaje de Eisenstein (1949a) y Bazin (1958), estableció la tipología del corte entre dos planos siguiendo dos clasificaciones diferentes. Una clasificación depende de la relación temporal y la otra de la relación espacial, tal como podemos observar en la figura 2.

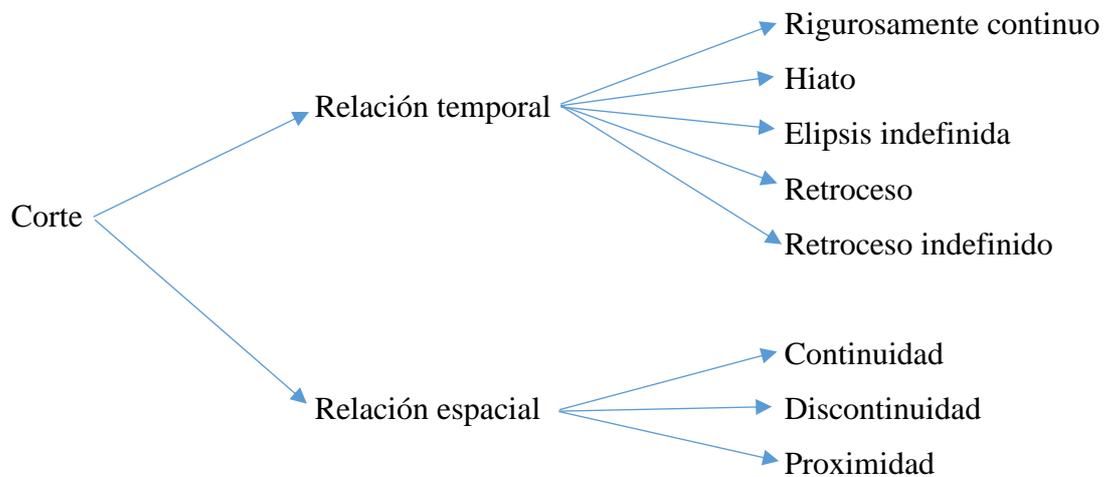


Figura 2. Tipos de corte según Burch.

Según la relación temporal entre los dos planos que se unen en un corte define cinco tipos según sus diferentes efectos: rigurosamente continuo, hiato, elipsis indefinida, retroceso y retroceso indefinido. Cuando es rigurosamente continuo se muestra una verdadera continuidad entre las acciones y su desarrollo temporal, por lo que no existe diferencia con la temporalidad de la acción filmada. Un hiato sucede cuando existiendo continuidad en la acción se suprime una parte de esta para darle fluidez. Esta ruptura, a pesar de ser una elipsis temporal, no altera el espacio virtual y el espectador es capaz de asimilarla sin ser consciente de su existencia. La elipsis indefinida es un salto temporal que el espectador es incapaz de determinar sin una ayuda externa. A diferencia del corte en hiato, la elipsis indefinida debe

ser diseñada desde el guion¹³ para que pueda existir. En este caso no existe sensación de continuidad y a pesar de que se puedan crear rimas visuales el corte siempre es evidenciado. Por último, el retroceso, que se produce por medio de una acción repetida de forma deliberadamente artificial y el retroceso indefinido, cuando la acción se traslada mucho tiempo hacia el pasado de la narración. De la misma forma que sucedía con la elipsis indefinida, el retroceso indefinido es un corte que debe ser planificado en el guion y requiere de ayuda para comprenderla.

Con respecto a la tipología de corte referida al espacio, Burch (1969) distingue tres tipos de relación en la unión entre planos: continuidad, discontinuidad y proximidad. Estos conceptos son absolutamente independientes a la relación temporal entre los planos. En continuidad se produce cuando el plano siguiente representa un espacio que ya hemos visto en el anterior de forma total o parcial. Por proximidad es cuando no siendo un corte en continuidad espacial, sí que se intuye que el espacio está colindante con este. El corte en discontinuidad englobaría todos los casos no recogidos por los dos tipos anteriores, rompiendo el espacio de escena de guion (McKee, 1997).

Otra aproximación hacia una taxonomía del corte es la realizada por Vicent Amiel (2001). Define dos grandes grupos de tipos de corte dentro del montaje en *racord*¹⁴; el montaje en *racord* absoluto y el montaje articulado. En el montaje en *racord* absoluto se intenta que el espectador no sienta una ruptura narrativa en el corte, ensamblando los planos con la mayor discreción posible. Esto crea en el tiempo fílmico una continuidad prácticamente coincidente con el tiempo en el que se narra el relato. A través de este tipo de montaje se consigue unificar la acción y la mirada, por lo que se produce una diégesis absoluta en el espectador.

¹³ En ocasiones se producen reescrituras de guion en la fase de rodaje y montaje, moviendo y reacomodando pasajes del guion en la línea temporal. Proceso muy típico en cine documental, pero también utilizado en cine de ficción.

¹⁴ El montaje en *racord* es el que se produce cuando se representa una misma acción con linealidad cronológica a través de varios planos.

El concepto de montaje articulado sucede cuando aparece una discontinuidad en el flujo visual y a partir de una acción en *racord* el corte configura un nuevo orden temporal. Esto puede suceder por medio de pequeñas elipsis evidentes para el espectador o manteniendo una continuidad sonora, pero contraponiéndola a una discontinuidad visual. Este tipo de montaje crea una linealidad irreversible que lleva al desvanecimiento progresivo de la diégesis a medida que van sucediéndose una tras otra las imágenes. Sin embargo, la analogía entre tiempo de la película y tiempo de la acción, sin ser perfecta, sigue imponiéndose en su principio de sucesión lineal, con la diferencia de que obliga al espectador a pensar las imágenes en el tiempo de forma consciente.

Las tipologías de corte establecidas por Burch y Amiel no resultan excluyentes, ya que ambas se basan en cómo se conforma el espacio-tiempo virtual que percibe el espectador mediante la unión de planos con espacios y tiempos propios. Por ello resulta sencillo establecer una equivalencia, tal como hacemos en la tabla 2, centrándonos en los tipos de cortes en *racord* definidos por Amiel:

Tabla 2: *Relación entre los tipos de montaje en racord de Amiel y las tipologías de corte de Burch*

Amiel	Burch	
Montaje en <i>racord</i>	Relación temporal	Relación espacial
En <i>racord</i> absoluto	Rigurosamente continuo Hiato	Continuidad Proximidad
Montaje articulado	Hiato	Continuidad Proximidad

El montaje, por medio de la unión de planos en el corte, define la índole del hecho filmado y su significación (Andrew, Thevenet, y Ramió, 1976). Según Bazin (1958) la experiencia cinematográfica por parte del espectador está orientada hacia lo que denominó *realismo psicológico*, debido a su naturaleza de registrar la espacialidad de los objetos y el tiempo que ellos ocupan. Por tanto, el tratamiento de sus unidades y el modo de relacionarse unas con otras a través del corte debe hacerse tratando de buscar mantener el realismo

psicológico por medio de lo que denominó *montaje invisible*. El objetivo del montaje invisible es responder a la función psicológica de producir en el espectador la apariencia de continuidad que percibimos de la realidad. Este concepto de montaje invisible encaja perfectamente con las investigaciones neurocinemáticas desarrolladas por Smith (2005; 2012) en su búsqueda por explicar desde los mecanismos cognitivos por qué percibimos el cambio de plano con sensación de continuidad de forma natural. Así para Bazin (1958), a todo montaje que fuese en contra de este realismo psicológico lo denominó *montaje prohibido*. Los cortes que se pueden clasificar como montaje prohibido son aquellos que evidencian el artificio cinematográfico, rompiendo el realismo psicológico del film y como consecuencia rompiendo la diégesis en el espectador, a diferencia de los que se pueden clasificar como montaje invisible.

La revisión de las diferentes propuestas teóricas sobre el cambio de plano y su naturaleza resultan imprescindibles para entender cómo se ha estudiado la articulación discursiva del film y poder definir cuál es su naturaleza. Para nuestro análisis nos interesa en primer término analizar la construcción fílmica que a nivel cognitivo pase lo más desapercibida posible para el espectador, resultando la menos evidenciada a nivel consciente, donde se considera que la diégesis actúa con mayor intensidad. Cumplir el objetivo secundario de identificar patrones cognitivos relacionados con el corte, independientemente de sus características concretas, se presupone más crítico cuando el espectador no es consciente del cambio de plano. Esto implica la necesidad de ser muy cuidadosos en la selección de fragmentos audiovisuales para el experimento neurocinemático y en la clasificación de las tipologías de corte que se pueden caracterizar como aquellas que permiten un montaje que el espectador procesa con sensación de continuidad o *racord*. Por otro lado, poder definir unas tipologías diferenciadas para los cambios de plano por corte realizando agrupaciones taxonómicas en base a características comunes y la comparación entre ellas nos permitirá

acceder al objetivo secundario de localizar y diferenciar patrones de reacción neuronal específicos según el tipo de corte.

2.6. Análisis fílmico centrado en el cambio de plano

El estudio del cambio de plano en el instante del corte acumula una gran teorización a lo largo de la historia del cine (Cutting, 2014; Eisenstein, 1949a; Murch, 1995), siendo hoy en día uno de los principales focos de atención de la neurocinemática (Smith y Henderson, 2008; Heimann *et al.*, 2016). La aparición de la neurocinemática (Hasson *et al.*, 2008) y la teoría del ecologismo cognitivo cinematográfico (Anderson, 1998) han supuesto un cambio de paradigma en la metodología del estudio cinematográfico, implicando una revisión del análisis fílmico clásico. El análisis del film desde la neurocinemática se centra en el sistema cognitivo del espectador y sus reacciones neuronales ante los diferentes estímulos cinematográficos. Según este nuevo paradigma, el estudio del film se realiza de forma indirecta a través del estudio del espectador obteniendo mediciones cuantitativas. Para poder profundizar en el estudio neurocinemático del cambio de plano por corte tenemos que partir del análisis clásico de la obra fílmica que se ha diseñado centrándose en el cambio de plano y revisar este planteamiento desde la perspectiva de la neurocinemática.

Para Aumont y Marie (1988), “(...) el análisis exhaustivo de un texto se ha considerado siempre una utopía: algo que se puede imaginar, pero que jamás podrá tener lugar en la realidad.” (pág. 111). La única manera de realizar un análisis en profundidad de forma realista es definiendo con claridad los límites y el enfoque teórico del propio análisis. Para definir el enfoque del análisis, volvemos a remitirnos a palabras de Aumont y Marie (1988): “No solo no existe una teoría unificada del cine, sino tampoco ningún método universal de análisis del film” (pág. 13). Esta idea es apoyada por otros teóricos del análisis fílmico como Casetti y di Chio (1990), que afirman: “(...) del mismo modo que no existe una teoría unificada

del cine, no se puede proporcionar ningún modelo universal de análisis del film” (pág. 12). Esta coincidencia tan clara entre Casetti y di Chio con Aumont y Marie, especifica que el análisis del film depende de las bases teóricas que se tomen como punto de partida, tanto en lo referente a la naturaleza del film, como en lo relativo a la filosofía metodológica aplicada o en la finalidad del propio análisis. Debido a esto, el análisis debe ser de diseño específico para el presente proyecto y basado en el marco teórico expuesto. A partir de las bases teóricas expuestas en la definición de la naturaleza del plano y orientándolo a las necesidades requeridas para el registro y estudio del EEG, se diseña un análisis centrándose en recursos cinematográficos específicos. El análisis fílmico centrado en el cambio de plano, se basa en la relación diferencial o de continuidad que se produce entre el último *frame* de un plano y el primer *frame* del plano siguiente (Burch, 1969; Amiel, 2001; Bazin, 1958).

En la definición de una taxonomía que permita clasificar los tipos de corte tomaremos como punto de partida la propuesta de Cutting (2014) al resultar muy práctica para operar matemáticamente con sus variables y diseñaremos un modelo taxonómico propio para la investigación. Este investigador es el máximo exponente en análisis cinematográfico referido por los investigadores que actualmente realizan mediciones cuantitativas sobre el proceso cognitivo en espectadores cinematográficos (Smith y Henderson, 2008; Magliano y Zacks, 2011; Smith, 2012) ya que la categorización que propone está diseñada para poder ser gestionada fácilmente con sistemas computacionales. Cutting basa su análisis del corte en tres valores booleanos¹⁵ que definen la continuidad o variación entre el último *frame* antes del corte y el primer *frame* tras el cambio de plano. El primer valor booleano representa variación espacial, el segundo indica cambio de personajes y el tercero se refiere a la alteración del

¹⁵ Basado en el algebra de Bool (Boole, 1847; 1854). Sistema algebraico para tratar lógica proposicional basado en los símbolos 0 (nada) y 1 (universo). También pueden definirse los símbolos como Verdadero (True) para 1 y Falso (False) para 0 (Furukawa, Nogi y Tokunaga, 1986).

tiempo natural. Si se mantiene constante una característica de las definidas tras el corte se indica con el valor 0, y si cambia se le asigna el valor 1. Esta categorización recuerda de forma simplificada en su aspecto temporal y espacial a la expuesta por Burch (1969) y se ajusta a la perfección a la teoría de los segmentos y subsegmentos de Bellour (1989). De esta forma Cutting crea una taxonomía del corte que divide en 8 tipos diferentes, de los cuales 7 representan discontinuidades. Además de esta categorización, asigna un valor del 1 al 7 referente a la escala de plano (Cutting, Brunick y Candan, 2012) siguiendo la convención estándar (Katz, 2000; Salt, 2006; Bordwell, Thompson y Smith, 1997) de plano abierto extremo (1), plano abierto (2), plano medio largo (3), plano medio (4), plano medio cerrado (5), primer plano (6), primer plano cerrado (7).

Otro aspecto tratado por la neurocinemática es la relación narrativa entre los planos que se ensamblan. Una clasificación utilizada para definir el corte en investigaciones relacionadas con el sistema cognitivo del espectador es agruparlos como *related* o *unrelated* (Lang *et al.*, 1993; Francuz y Zabielska-Mendyk, 2013). Los planos unidos por corte donde se mantiene la misma escena visual se denominan *related* y los planos unidos por corte donde cambia la escena visual o presentan diferente formato técnico se denominan *unrelated*. La clasificación del corte como *related* y *unrelated* tiene su origen en el estudio de la estructuración narrativa por escenas y secuencias de Carroll y Bever (1976).

Realizar un análisis centrado en el corte implica diferenciar el cambio de plano por corte, que supone el objeto de nuestro estudio, de otros tipos de cambio de plano por transición como fundidos, encadenados, cortinillas, barridos o *flou* (Martínez, 2011; Burch, 1969). El corte une directamente el último *frame* de un plano con el primero del siguiente, por lo que no tiene extensión temporal¹⁶, mientras que el resto de los recursos de montaje para pasar de un

¹⁶ Consideramos un sistema de reproducción cinematográfico clásico como es el sistema progresivo, descartando otros sistemas como el entrelazado (Castillo, 1999) donde el corte tendría una extensión de un fotograma debido

plano a otro tienen un periodo temporal de transición, suavizando el cambio de un plano a otro. Transiciones como fundidos, encadenados, barridos o cortinillas se utilizaban principalmente para hacer comprender al espectador cambios temporales y elipsis (Dmytryk, 1984), pero están cayendo en desuso en la actualidad, debido por un lado la asimilación y naturalización del modo de representación cinematográfico (MRI) por parte espectador y por otro, a la ruptura de ritmo visual que suponen este tipo de recursos de transición entre planos (Cutting, Brunick y DeLong, 2011). Concretamente Cutting (2014) expone que en el momento de su estudio el 99% de los cambios de plano se realizan por corte y el 87% de los cambios de escena, situación donde el cambio de plano por transición tenía su utilidad clásica para suavizar la ruptura espacio-temporal, se producen también por corte. En la presente investigación nos centramos en el cambio de plano por corte sin transición. Esto nos permite, por un lado, analizar el caso más extremo a nivel cognitivo y, por otro lado, tener un marcador temporal concreto donde se produce el cambio de plano a partir del cual fijar exactamente el instante de análisis, evitando un rango temporal de transición entre planos.

Dentro de todas las posibilidades que ofrece la teoría cinematográfica se ha seleccionado una línea coherente que permita la definición de qué es el plano y cuál es su naturaleza asumiéndolo como unidad, a diferencia de las consideraciones teóricas que niegan toda existencia de un lenguaje cinematográfico y consideran el plano como una superposición de códigos, teniendo cada código sus propias unidades. En coherencia con el recorrido teórico expuesto se diseña un análisis cinematográfico destinado a verificar estas bases teóricas, centrado exclusivamente en el cambio de plano por corte, sin transición temporal. También se toma como referencia la propuesta de análisis de Cutting para diseñar un sistema propio que resulte fácil de operar computacionalmente, ya que se considera un referente sólido para poder

a que en el instante de corte se entrelazan el campo alto (líneas pares de un plano) con el campo bajo (líneas impares de otro plano).

configurar un análisis fílmico compatible con la neurocinemática. El análisis propuesto por Cutting nos permite, entre otras cosas, clasificar los cortes de los fragmentos fílmicos seleccionados para el experimento según sus características mediante codificación principalmente booleana. El análisis fílmico a diseñar tiene como finalidad relacionar los resultados ofrecidos por el electroencefalograma con las características concretas del cambio de plano por corte en el film, posibilitando relacionar de forma específica las reacciones neuronales del espectador con el objeto de estudio. Una vez vistas las diferentes formas de definir la naturaleza del plano, su articulación y el análisis cinematográfico centrado en el corte, procedemos a definir el marco teórico neurocinemático que hace posible el estudio del film a través de la medición de las reacciones neuronales del espectador ante el visionado del film.

3. Neurocinemática

A principios del siglo XX algunos investigadores plantearon el estudio de los procesos psicológicos desencadenados por la observación de imágenes artificiales en movimiento desde el funcionalismo (Wertheimer, 1912; Münsterberg, 1916) y en la década de los 50 comenzaron los primeros experimentos neurológicos analizando espectadores ante fragmentos audiovisuales (Cohen-Séat, Gastaut y Bert, 1954; Gastaut y Bert, 1954). Pero hasta los años 90, con la mejora de los métodos de obtención de imágenes neuronales con sistemas no invasivos, era complicado saber qué sucedía en el cerebro del espectador, por lo que la principal vía de análisis era por medio de cuestionarios y aproximaciones especulativas (Hasson *et al.*, 2008). Los últimos avances en la tecnología de las herramientas no invasivas de toma de datos neuronales, el desarrollo de la computación y las investigaciones en anatomía cerebral (Heeger y Ress, 2002; Huettel, Allen y McCarthy, 2004) han permitido que el estudio neurológico del espectador viendo un film y la comprensión de qué está sucediendo en su cerebro durante el visionado empiecen a ser una realidad.

Johnson e Ittlefield (2011) publicaron un artículo sobre cómo la neurociencia comenzó a aplicarse a diferentes disciplinas sociales y humanísticas. Dos años después apareció un artículo sobre neurocultura (Javor *et al.*, 2013), refiriéndose a esta disciplina como la aplicación de la neurociencia en diferentes áreas del conocimiento relacionados con el arte y la cultura. La neuroestética por su parte, intenta vincular el conocimiento del arte con el conocimiento neuronal. Podemos considerar este artículo como la consolidación de un proceso que se inició con la neuroestética, partiendo del artículo publicado por Zeki y Lamb en 1994 donde presentaron el *Manifiesto of Psychological facts* sobre lo que llaman *kinetic art*. El manifiesto defiende que el arte visual responde a las mismas leyes del sistema visual y neurológico que ante la vivencia de la realidad, ya que los diferentes elementos de la obra

visualizada se procesan en zonas especializadas del córtex cerebral de la misma forma que sucede con los estímulos cotidianos. Zeki (1999), partiendo de lo que se conocía sobre las zonas del cerebro especializadas en diferentes tareas, investigó cómo se percibía el arte a través de las zonas del área media temporal, especializadas en procesar la información percibida sobre el color y el movimiento. Ramachandran y Hirstein (1999) propusieron que una teoría estética debería ser una teoría neurológica de la experiencia estética. Esta teoría neurológica de la experiencia artística tendría su base en tres componentes: la lógica del arte, la evolución racional y el circuito cerebral. Más adelante, Ramachandran (2003) propuso unas leyes universales del arte, completamente independientes de las características culturales del individuo. Estas leyes de la percepción estética se producen gracias a la coordinación de diferentes áreas del cerebro. Concretamente, a partir de experimentos posteriores, se relacionó el córtex lateral orbitofrontal¹⁷ con la formación de una impresión estética negativa (Munar *et al.*, 2012). La neurocultura y la neuroestética representan un nuevo enfoque metodológico para tratar de obtener conocimiento sobre las disciplinas artísticas. Es interesante observar el cambio de paradigma de investigación en diferentes disciplinas, basándose en la premisa teórica de que los procesos neuronales y cognitivos ante el arte son coincidentes con los desencadenados ante la realidad. El concepto que ha revolucionado el estudio del arte es tan concreto y claro como plantearse que el cerebro no diferencia la obra artística de la realidad, sino que utiliza los mismos procesos neuronales para su cognición, por lo que la neurociencia se convierte en una forma objetiva de acceso al conocimiento de la propia obra artística. Esta visión de la naturaleza cognitiva en el arte tiene su versión cinematográfica en el llamado *ecologismo cognitivo cinematográfico* (Anderson, 1998) y es la base teórica sobre la que se asienta la neurocinemática.

¹⁷ Parte del córtex prefrontal conectado al tálamo mediodorsal situado justo sobre las orbitas oculares. Se relaciona con el procesamiento cognitivo de la toma de decisiones, procesamiento de la emoción y de recompensa.

El concepto de *neurocinemática* fue acuñado en 2008 en el artículo «Neurocinematics: The neuroscience of film» (Hasson *et al.*, 2008). El estudio que dio lugar a este artículo fue realizado por medio de la aplicación de una técnica llamada ISC (*Inter-Subject Correlation*), que expusieron en un artículo previo (Hasson *et al.*, 2004). Esta técnica compara similitudes en las activaciones neuronales entre los diferentes sujetos analizados. Para realizarlo utilizaron un proceso informático conocido como *Talairach Coordinate System*¹⁸ gracias al cual, a partir de los registros neuronales de diferentes sujetos, se puede realizar una correspondencia entre las regiones cerebrales buscando una respuesta correlativa y temporizada entre los sujetos. Este proceso permite comparar entre diferentes usuarios ante un mismo input cognitivo las similitudes y diferencias de cómo se activan las zonas neuronales.

Un concepto interesante que analizaron Hasson y su equipo en sus experimentos a partir del ISC es lo que denominaron *control cerebral* por el film. El control cerebral lo cuantificaron según la precisión y densidad de las coincidencias que se producen entre los diferentes espectadores viendo el mismo fragmento audiovisual. Esta técnica permite medir la capacidad del film de generar una reacción neuronal concreta en todos los espectadores, cuantificando el porcentaje de coincidencias que se produce en la activación de las zonas neuronales entre los diferentes espectadores ante un mismo fragmento cinematográfico. Por ejemplo, en la escena final de *Cisne negro* (Aronofsky, 2010), o en la escena del robo en *Tarde de perros* (Lumet, 1975), se alcanzó un control cerebral del 70% sobre los espectadores, mientras que en una escena de *Curb Your Enthusiasm* (David, 2000) solo se consiguió el 20%. Como referencia para el estudio se grabó de forma aleatoria un concierto en un parque, donde el control cerebral sobre el espectador que se cuantificó no llegó a alcanzar el 5% (Hasson *et al.*, 2008; Miller, 2014). Esta sincronización entre espectadores no solo se da a nivel cerebral

¹⁸ Sistema de coordenadas tridimensionales para realizar un mapeado de la estimulación neuronal.

(Hasson *et al.*, 2008; Hasson *et al.*, 2004; Dmochowski *et al.*, 2014; Dmochowski *et al.*, 2012), sino que también se produce también en los resultados obtenidos por medio del escáner ocular (Smith y Henderson, 2008; Wang *et al.*, 2012; Mital *et al.*, 2011), por lo que resulta claro que un conjunto de inputs estructurados y ordenados como representa el film producen una sincronización en los mecanismos cognitivos del espectador.

Un nuevo paradigma en la forma de acceder al conocimiento del arte se ha abierto camino y la neurocinemática es la rama específica que se centra en el medio cinematográfico. Las diferentes investigaciones realizadas desde la neurocinemática en los últimos 10 años están dando resultados claros y contundentes que permiten avanzar en un conocimiento objetivo del medio cinematográfico. Los estudios realizados desde el nuevo paradigma sobre las obras artísticas en general y sobre los films en concreto, son indicadores de que el proceso cognitivo sobre composiciones articuladas resulta de gran efectividad, ya que se ve determinado en gran parte por los mecanismos cognitivos y neuronales comunes al ser humano y no tanto por su contexto cultural-educativo. La nueva forma de abordar el estudio fílmico no solo nos permite avanzar en nuevos conocimientos, sino que también implica revisar los conocimientos previos, tal como indica Thomas Kuhn (1962) ante la aparición de un nuevo paradigma. El nuevo paradigma nos permite por un lado obtener conocimientos nuevos sobre el medio cinematográfico y por otro revisar conceptos previos establecidos por la teoría cinematográfica clásica. El hecho de que nos ajustemos al nuevo paradigma nos lleva a revisar investigaciones centradas en el sistema de percepción del ser humano e ir profundizando en la teoría neurocinemática, revisando el conjunto de estudios previos centrados en las reacciones neurológicas ante cambio de plano y prestar especial atención a aquellos que utilizan el estudio del ERD/ERS para analizar el film, al ser este el sistema de análisis que vamos a realizar.

3.1. La percepción humana y la neurociencia

La neurocinemática se basa en analizar el film estudiando cómo el espectador reacciona neuronalmente ante los estímulos que la película le invoca. Por ello resulta imprescindible partir de un conocimiento básico sobre cómo el ser humano procesa los estímulos que le rodean. La neurocinemática considera el cambio de plano por corte como un salto cognitivo que el cerebro es capaz de asimilar con total naturalidad (Smith, 2005) cuando se siguen los parámetros técnicos de corte invisible (Bazin, 1958; Reisz y Millar, 1953). Para explicar cómo y por qué sucede esta asimilación del cambio de plano por corte a nivel cognitivo, es necesario conocer las teorías neurológicas que definen la percepción humana como un proceso discontinuo basado en predicciones.

El cerebro utiliza la mayor parte de sus estrategias memorísticas para crear patrones que conformen un modelo del mundo. Este modelo es utilizado para generar predicciones de forma continua (Hawkins y Blakeslee, 2007). Treisman y Gelade (1980) propusieron la teoría de la atención integrada, donde explican que la percepción se basa en una comparación de cada estímulo con su percepción previa, detectando de esta forma los cambios que se han producido y rellenando automáticamente los posibles instantes no percibidos a partir de estimaciones. En posteriores investigaciones se propuso la teoría del mapa booleano atencional (Huang, Treisman y Pashler, 2007), donde se postula que la atención mapea las características de los estímulos y solo almacena un valor por dimensión del estímulo, analizando cada estímulo en base a dos dimensiones. Se asocia un valor concreto para un objeto y un valor posicional. Sin embargo, esta teoría es diferente a la sensación que tenemos de percibir la realidad de forma íntegra y continua. Por eso, la propuesta booleana defiende que nuestra conciencia refleja aquello que podemos recuperar de la memoria, más allá de lo percibido en el instante, generando así una sensación de realidad integrada.

El cerebro no necesita el registro de la percepción de todo el mundo que le rodea de forma continuada, sino que le es suficiente con procesar las variaciones con respecto a sus predicciones sobre lo que sucede en el mundo y recuperar el resto de información del entorno de la propia memoria. Por lo tanto, no necesitamos un ojo que perciba toda la información completa de nuestro entorno, sino un ojo que detecte los cambios en el mundo (Lettvin, Maturana y McCulloch, 1959). Esta propuesta cognitiva se ha desarrollado con el tiempo y se ha centrado en definir los detectores de movimiento y cómo se integran estos cambios en la percepción global creando una imagen del mundo basada en lo ya percibido y la detección de los cambios (Durant y Zanker, 2009; Sekuler, Watamaniuk y Blake, 2002; Snowden y Freeman, 2004; Solomon *et al.*, 2005). Esta integración entre lo recuperado de la memoria y las variaciones añadidas viene condicionada por el hecho de que los diferentes estímulos procesados no son gestionados de la misma manera. Por ejemplo, para la información visual se procesa por diferentes vías la forma y el movimiento (Steinman, Pizlo y Pizlo, 2000). Así la información de movimiento y posición se procesa en el córtex parietal mucho más rápido que el color y la forma que se procesan en la zona temporal (Milner y Goodale, 2006). Debido a esta característica perceptiva, ante un estímulo muy rápido, puede suceder que se procese el movimiento y la posición, pero no la forma y el color. Según Koch (2004), la percepción visual de la realidad es discreta, de la misma forma que Freeman (2006) aboga por un procesado cortical de la percepción también discreto. Según Koch, durante unos instantes de entre 20 y 200 ms, luz, color y movimiento serían constantes y la unión de las diferentes percepciones discretas conformarían una percepción temporal. Las diferentes percepciones discretas se ordenan en serie y se sienten como una única percepción constante. De esta forma se resuelven diversos problemas perceptivos, presentando la atención como un sistema discontinuo que necesita aproximadamente 150 ms para procesar el estímulo visual (Busch y VanRullen, 2010; VanRullen, Carlson y Cavanagh, 2007).

Circunstancias físicas como el parpadeo o las sacadas¹⁹ establecen una discontinuidad en la captación de la realidad. Los parpadeos suponen interrupciones evidentes en el flujo visual, pero también lo son las sacadas. Los momentos en los que se capta la información visual de los estímulos exteriores son los periodos de fijación ocular, por lo que las supresiones sacádicas representan también una discontinuidad en el flujo visual percibido. Es evidente que en el instante del parpadeo si algo sucediese el ojo no lo percibiría, pero lo mismo pasa durante las sacadas. Estos movimientos sacádicos oscilan entre 20 ms y 50 ms (Castet *et al.*, 2006; Rottach *et al.*, 1998; Thiele *et al.*, 2002), mientras que las fijaciones duran entre 300 ms y 400 ms (Michele y Desbordes, 2003). La información percibida durante la fijación se suma a la memoria y construye nuestra percepción de la realidad en el tiempo, mientras que en el instante en que se produce una sacada o parpadeo no registramos información y nuestra percepción continúa desde la última percepción registrada previa a la sacada o el parpadeo. Esta condición junto con las estrategias de la denominada *change blindness* (Rensink, O'Regan y Clark, 1997; Tatler, Gilchrist y Rusted, 2003) han sido aplicadas en la neurocinemática como una posibilidad de explicación del concepto de montaje invisible expuesto por Bazin (1958), intentando comprender por qué el espectador asimila con naturalidad el cambio de plano a través del corte (Smith y Henderson, 2008).

El sistema de percepción definido por la neurociencia pues, es un sistema discontinuo que se basa en predicciones que nos permiten tener una sensación de realidad integrada. El cambio de plano se convierte de alguna forma en una agresión a este sistema predictivo al variar completamente la imagen visionada. Sin embargo, en un film, el cambio de plano se asimila de forma natural por el espectador. Las propuestas neurocinemáticas, basadas en el ecologismo cognitivo, parten de la existencia de estos mecanismos neuronales de percepción

¹⁹ Sacadas o movimientos sacádicos es como se denomina a los movimientos rápidos oculares. Estos movimientos implican un instante de ceguera atencional durante el movimiento y resultan en una variación atencional.

discreta, que a partir de informaciones parciales generan una sensación de realidad integrada, lo que permite la asimilación del cambio de plano por corte de forma natural y continua.

3.2. Cine y percepción

Bordwell y Carroll (Bordwell, 1989; 2013; Carroll, 1988) proponen una aproximación al cine desde una corriente naturalista, considerando los métodos de percepción y cognición humana como las vías para explicar el hecho fílmico. Anderson (1998) retoma esta propuesta y propone su visión ecologista de percepción cinematográfica como una interdependencia de un gran sistema cognitivo que nos sirve para percibir todo estímulo exterior. Si tomamos la perspectiva ecologista y la trasladamos al debate sobre si el cine es o no un lenguaje, no afirma ni niega la posibilidad de que cognitivamente el cerebro procese una película de la misma forma que el lenguaje, pero sí que refuerza la postura de que el film es una realidad perceptiva integrada, alejándose de la postura que define el cine como una articulación de lenguajes independientes, ya que supondría la no existencia de unidades perceptivas integradas.

El ecologismo cognitivo cinematográfico es la base teórica con la que se aborda el estudio del film por parte de la neurocinemática. Los estudios ecologistas sobre la percepción fílmica absorbieron los nuevos avances y dieron como resultado la *psicocinemática* (Shimamura, 2013), centrada en investigar los procesos de cognición que se producen al ver un film. El término *psicocinemática* surgió en 2011 en el congreso *Annual meeting of the Psychonomics Society* (2011) que reunió en esta edición a algunos de los máximos exponentes de la neurocinemática y la teoría del ecologismo cognitivo cinematográfico. Zacks (2015) defiende que el sistema perceptivo no diferencia entre estímulos reales y cinematográficos, por lo que procesa el hecho fílmico de la misma forma que procesa el hecho real. Incluso Carroll y Seeley (2013) afirman que la ficción cinematográfica, al ser una representación concreta de hechos, es más sencilla de comprender que la propia realidad, de configuración más desordenada y confusa. Esta

característica del film la llamaron *uncluttered clarity* actualizando el mismo concepto definido previamente por Carroll (1985). La actualización del concepto de *uncluttered clarity* expuesto por Carroll está precedida por los experimentos de Hasson y su equipo (2008), que demuestran una clara diferencia de percepción cognitiva y procesamiento neuronal entre una construcción audiovisual estructurada y un fragmento de una realidad captada al azar. Por su parte, Gallese y Guerra (2012), proponen una nueva visión del estudio del film desde la *embodied simulation theory* (Gallese, 2005) basada en que el ser humano procesa la realidad en base a sus propias representaciones motoras o emocionales, definiendo el cine como una forma de encarnación neurológica. Propuesta que ha tenido buena aceptación en investigadores del medio fílmico (Coëgnarts y Kravanja, 2015; Fahlenbrach, 2015). Enfocar el análisis cinematográfico desde la *embodied simulation theory* nos enlaza directamente con la instancia diegética definida en las tres instancias del discurso narrativo fílmico (Aumont *et al.*, 1995) descritas en el apartado 2.1, que eran el relato, la narración y la diégesis.

El cambio de plano es uno de los principales focos de interés de los estudios neurocinemáticos, considerando en su análisis que el cine utiliza las mismas estructuras cognitivas que la percepción de la realidad, tal como postula el ecologismo cognitivo cinematográfico (Cutting, 2005; Anderson, 2013). Smith (2005) parte de las intuiciones teóricas del montador Walter Murch (1995) y se interesa por los cambios de plano por corte en los films, proponiendo una teoría atencional sobre la continuidad (*attentional theory of cinematic continuity*, AToCC). Smith investiga porqué el salto visual resultado del corte entre dos planos diferentes no provoca una discontinuidad en la percepción de la narración fílmica, sino que la percepción es uniforme y continua. Exceptuando recursos de edición con transiciones como el fundido para marcar una elipsis, el postulado ecologista defiende que la mayoría de las tipologías de corte responden a las estrategias cognitivas utilizadas para relacionarnos con la realidad, dando lugar a una continuidad cognitiva a pesar de los saltos de

edición (Smith, 2005; 2012). Para Smith, la continuidad cognitiva es una ilusión que se produce en el cerebro del espectador y no se encuentra en las características físicas del estímulo cinematográfico. Considera esencial comprender la forma de percibir el mundo real para entender cómo se procesa la edición cinematográfica. Según Levin y Wang (2009), la forma de gestionar la información por el cerebro humano es igual ante los cambios que se producen en la realidad que frente a un film, lo que nos enlaza con todas las propuestas de una percepción de la realidad discontinua expuestas en el apartado anterior (Koch, 2004; Freeman, 2006). La AToCC (Smith, 2005) defiende que los espectadores no tienen una representación espacio-temporal detallada y por ello tras el corte el espectador tiene unas expectativas previas, pero su atención está localizada en pocas características de la cognición, en la misma línea que propone la *uncluttered clarity* (Carroll y Seeley, 2013).

Smith (2005) determina que en ocasiones el montador decide cortar la escena antes que el espectador haya tenido el tiempo suficiente para procesar completamente el plano. Esto es lo que en la teoría cinematográfica se considera *tiempo de lectura del plano* (Vera, Badariotti y Castro, 2003; Eisenstein, 1949a; García, 2006), concepto referido al tiempo necesario para que el espectador realice las fijaciones suficientes para entender el plano mostrado, incluyendo los movimientos oculares de búsqueda y los periodos de supresión y atención. El hecho de cortar el plano antes del tiempo de lectura de plano mínimo para comprenderlo es una técnica contraria al denominado montaje invisible (Bazin, 1958), lo que contradice la búsqueda de que el espectador no sea consciente del cambio de plano. En los casos donde no se ofrece un tiempo de lectura de plano mínima, el espectador, al no haber podido procesar completamente el encuadre, se vuelve consciente de que el plano ha cambiado rompiendo el universo fílmico en el que está inmerso y evidenciando la técnica cinematográfica.

El objetivo del montaje invisible es crear una transición cognitiva suave entre un plano y el siguiente (Dmytryk, 1984). Para ello se sigue una serie de normas de continuidad al

ensamblar dos planos en la edición cinematográfica (Amiel, 2001; Bordwell, Staiger y Thomps, 1985; Reisz y Millar, 1953). Esta tendencia de edición invisible fue lo que Smith y Henderson denominaron *edit blindness* (Smith y Henderson, 2008), que relacionaron con las estrategias cognitivas y atencionales ante los estímulos de la realidad, concretamente con la ceguera del cambio o *change blindness* (Simons y Levin, 1997; Simons y Ronald, 2005) y la ceguera de no atención o *inattention blindness* (Simons y Chabris, 1999; Most, 2010). La ceguera de no atención tiene relación directa con la actividad distractora y el discurso narrativo para ocultar los cambios de los estímulos (Simons y Chabris, 1999; Most, 2010; Rattan y Eberhardt, 2010; Levin y Simons, 1997). En el experimento de Smith y Henderson (2008), estos cambios de plano invisibles se encontraban principalmente dentro de la misma escena y se basaban en el corte en acciones o durante el movimiento de los actores, es decir, se fundamentan en las normas de continuidad clásicas del montaje (Dmytryk, 1984; Reisz y Millar, 1953). Los cortes más percibidos por el espectador fueron los que suponían un cambio de escena o se basaban en la dirección de la mirada²⁰. Este tipo de corte invisible es de gran interés tanto en la neurocinemática como en la teoría cinematográfica clásica, ya que debido a la ausencia de percepción del artificio técnico cinematográfico se considera esencial en una construcción fílmica con un fuerte proceso diegético.

La neurocinemática está permitiendo realizar una profunda revisión de reflexiones e intuiciones que ha recogido la teoría cinematográfica sobre cómo realizar un corte que pase desapercibido para el espectador. Los nuevos hallazgos están ayudando a explicar de una forma objetiva por qué convenciones técnicas concretas a la hora de establecer la unión entre planos

²⁰ Se considera un corte basado en la dirección de la mirada cuando la mirada del personaje en pantalla observa fuera del encuadre, remitiendo a algo que el cerebro del espectador no puede predecir ya sea en su totalidad o de forma parcial, generando una expectativa atencional que tiende a disimular el cambio de plano por corte si se satisface la expectativa con el cambio de plano (Smith, 2005). El corte basado en la dirección de la mirada resulta más efectivo según Smith cuando funciona como cola atencional, resultando la dirección de la mirada del personaje un input justo al final del encuadre con el tiempo suficiente para procesarlo en una fijación ocular.

en el proceso de montaje (Dmytryk, 1984; Reisz y Millar, 1953) son efectivas desde un punto de vista cognitivo (Smith, 2005) y neuronal (Heimann *et al.*, 2016). Debido a la naturaleza metodológica de acceso al objeto de estudio de forma indirecta, debemos revisar otro aspecto importante a tener en cuenta; el espectador. La neurocinemática aborda el sistema neuronal ante estímulos cinematográficos, por lo que el acceso a la obra se produce a través de cómo el espectador percibe la propia obra.

3.3. El espectador del film y la neurocinemática

Hasta la aparición de la neurocinemática, el estudio del film se ha centrado principalmente en el análisis de la obra artística. El cambio propuesto por la neurocinemática es el estudio del film a través del análisis de los procesos neuronales del espectador que consume la obra. Es decir, acceder al objeto de estudio de forma indirecta, analizando cómo es percibida por el espectador. La relación que se establece entre el espectador y la obra en la teoría cinematográfica es la diégesis (Mitry, 1963; Burch, 1987; Jacquinet, 1977; Bordwell, 1985). Esta necesidad diegética nos remonta de nuevo al ensayo *Estética del cine* (Aumont *et al.*, 1995) donde se divide el discurso narrativo cinematográfico en tres instancias, siendo la diégesis una de ellas (apartado 2.1). También nos lleva a los conceptos de participación afectiva o a los mecanismos de proyección-identificación expuestos por Edgar Morin (1956) en su ensayo sobre el espectador cinematográfico. Ricciotto Canudo (1927) pone como centro de la obra fílmica la emocionalidad cuando afirma que “En el cine, el arte consiste en sugerir emociones y no en relatar los hechos” (pág. 39) suponiendo una recepción por parte del espectador más subjetivada, emocional e implicativa que racional, objetiva y analítica. Por su parte Juan José Igartua y Carlos Muñiz (2008), tras una investigación con 300 espectadores, concluyen en un artículo que “(...) uno de los principales factores explicativos del disfrute de los formatos narrativos es la identificación con los personajes” (pág. 1). En base a estas

afirmaciones, el concepto de diégesis supone la transmisión e identificación emocional que la historia evoca o provoca en el espectador y en neurociencia este hecho se ha vinculado directamente con el funcionamiento de las neuronas espejo que definió Rizzolatti (Rizzolatti y Craighero, 2004; Rizzolatti, Fogassi y Gallese, 2006).

En 1996 se marcó un hito en el estudio de la neurociencia sobre la comprensión de los mecanismos neuronales ante la observación de una acción (Rizzolatti *et al.*, 1996). Rizzolatti y su equipo descubrieron que las neuronas de un sujeto reaccionan ante una acción observada de forma similar que si el propio sujeto realizase la acción. Continuando en esta línea de experimentación, Rizzolatti y Craighero (2004) realizaron el mismo estudio sobre las emociones, demostrando que no solo se produce este efecto neuronal con las acciones físicas, sino también con las emociones. La explicación que dieron para el fenómeno descubierto en el cerebro del observador es que ante lo que observa el sujeto se activan lo que denominaron neuronas espejo. A través de este mecanismo neuronal al percibir visualmente una acción se activan circuitos motores corticales idénticos a los que se activan cuando se realiza la propia acción. De la misma forma, también detectaron una situación equivalente al observar las emociones en otros sujetos (Gallese, Keysers y Rizzolatti, 2004; Rizzolatti y Craighero, 2004).

Otra forma de abordar la diégesis en el espectador desde la neurociencia es estudiando la inmersión del espectador en la narración fílmica. Por un lado, se puede abordar desde el estudio de la activación de las neuronas espejo (Heimann *et al.*, 2014), pero también resultan muy interesantes las investigaciones de Barraza y Zak que lo analizan mediante el sistema nervioso simpático y parasimpático (Barraza y Zak, 2009; Barraza *et al.*, 2015; Zak, 2015; Zak y Barraza, 2018). En sus investigaciones estudian y cuantifican la capacidad que tiene un audiovisual para que el espectador se sienta inmerso en lo que está viendo y cómo este suceso tiene relación directa con las decisiones que toman los espectadores tras observar el audiovisual.

El modelo teórico sobre el discurso narrativo fílmico dividido en tres instancias definido en el apartado 2.1 nos resulta de gran utilidad para el estudio del film aplicando la metodología neurocinemática. La naturaleza del sistema cognitivo del espectador y en especial el funcionamiento de las neuronas espejo, nos permite establecer un vínculo directo entre el espectador y el film a través de la instancia de la diégesis. Esta instancia coincide con los fundamentos teóricos y las necesidades del ecologismo cognitivo cinematográfico y la neurocinemática. Gracias a este modelo de tres instancias, podemos incluir los resultados obtenidos por la neurocinemática como explicaciones de la instancia diegética, lo que nos permite relacionar las variaciones que suceden en el espectador al variar las otras dos instancias intrínsecas de obra fílmica y de esta forma poder obtener conclusiones sobre aspectos concretos del film mediante el estudio del espectador. De esta forma podemos tener un acceso coherente a la obra fílmica desde el estudio del espectador y nos facilita poder realizar aportaciones a la teoría cinematográfica desde los experimentos de la neurocinemática realizados sobre el espectador que observa el film.

3.4. Sistemas de registro de los mecanismos de percepción del espectador desde la neurocinemática

La aplicación sobre el espectador de técnicas para el estudio cognitivo, neuronal y emocional desde un nivel fisiológico supone una nueva forma de análisis fílmico. El estudio neurológico del espectador del film en la neurocinemática se aborda principalmente desde el electroencefalograma (Heimann *et al.*, 2016), la percepción del rostro (Hubert y de Jong-Meyer, 1990), el escáner cerebral (Hasson *et al.*, 2008) y el movimiento ocular (Smith, 2013). También existen experimentos en base a otras mediciones biométricas, pero que han tenido poco desarrollo en su aplicación para el estudio cinematográfico a día de hoy. Otros sistemas de obtener información biométrica no tan utilizados son por medio de la frecuencia cardíaca

(Dimond y Farrington, 1977; Palomba *et al.*, 2000), mediciones electrodérmicas (Westerink *et al.*, 2008) o estudiando la frecuencia respiratoria (Gomez *et al.*, 2005). Sobre este tipo de mediciones tienen especial interés dos investigaciones al relacionar diversas mediciones estudiando la correlación entre los diferentes registros obtenidos. Una de ellas combina las mediciones cardiovasculares, respiratorias, electrodérmicas y del sistema nervioso central (Kolodyazhniy *et al.*, 2011) y otra combina las mediciones electrodérmicas, cardiovasculares y respiratorias (Kreibig *et al.*, 2007).

James M. Mangus (2016) ha investigado por medio del escáner fMRI, el tracking visual y el movimiento facial, basándose en los modelos de reacción facial propuestos por Saragih, Lucey y Cohn (2009), para reconocer las emociones que está experimentando el sujeto de estudio. Mangus, influenciado por el estudio de Ekman (2003; 1993), propone que la expresión facial percibida no solo está determinada por la emoción consecuente de la identificación producida en las neuronas espejo, sino que además está relacionada con la actitud personal ante lo que observa. Según Mangus la expresión facial sirve para comunicar la postura de la persona ante una situación, por lo que al ver un film donde, por ejemplo, se premian actitudes que el espectador considera incorrectas, el rostro refleja este desacuerdo y no una emoción producida por la identificación con el personaje que es premiado. Mangus concluye, apoyándose en teorías previas, que el rostro no siempre refleja una emoción particular experimentada de manera fiable (Reisenzein, Studtmann y Horstmann, 2013), sino que es el resultado de un medio de transmisión de las motivaciones propias hacia los demás (Parkinson, 2005). Por lo tanto, concluye que el análisis de la expresión facial para estudiar la emocionalidad que produce un film no es siempre fiable, porque puede verse contaminada por el posicionamiento del espectador ante lo que está viendo. Esta característica de la expresión facial como medio de comunicación hace que no pueda contemplarse como herramienta única en el análisis del film para poder comprender bien los datos registrados por el escáner facial.

Entre las metodologías que se utilizan para estudiar al espectador, existen principalmente dos que se centran en la captación directa de la actividad neuronal, que son el escáner cerebral y el electroencefalograma. Las técnicas que analizan directamente la actividad neuronal se distinguen a su vez entre temporales y espaciales (Díaz, 2008). Los análisis espaciales se basan en resonancias magnéticas y sirven para señalar con detalle las zonas que se activan y las que no tienen actividad. El análisis espacial es muy práctico encontrando patrones de actividad del cerebro ante diferentes situaciones, pero no tiene una buena reacción temporal si se busca realizar un seguimiento con precisión temporal de los estímulos. Para esto se utilizan las técnicas temporales, capaces de registrar una respuesta ante un evento con una precisión de milisegundos, por lo que suelen utilizarse para estudiar con precisión la forma de reaccionar del cerebro ante fenómenos cognitivos. Las técnicas temporales se basan en la medición del electromagnetismo neuronal por medio del electroencefalograma.

Nuestra investigación aborda el estudio de la articulación cinematográfica por medio del cambio de plano por corte, una cuestión focalizada en el análisis de una de las estructuras que determinan el hecho fílmico. Por ello, en nuestro caso concreto, no resulta práctico el registro facial. Se descarta esta técnica ya que, además de las posibles distorsiones indicadas por Magnus (2016), la emocionalidad o la actitud del espectador ante lo que está viendo es un aspecto diferente a la estructura del film y sus articulaciones. Lo mismo sucede con mediciones relacionadas con la respiración, electrodermis o cardiovascular, ya que se focalizan en el reconocimiento de emociones a través de medidas biométricas. Además, este tipo de mediciones biométricas necesitan un tiempo de desarrollo, por lo que no ofrecen la precisión temporal buscada justo tras el evento de corte. Por otra parte, dentro del estudio directo de las respuestas neuronales, nos interesa centrarnos en instantes muy concretos y no tanto en largos periodos de tiempo, por lo que el escáner cerebral tampoco es una técnica adecuada al ser espacial y por lo tanto es más indicada para nuestro experimento una herramienta temporal

(Díaz, 2008). Todo esto hace que el electroencefalograma sea la opción elegida para desarrollar nuestra experimentación al considerarla la más adecuada. Debido a este interés concreto de entre todas las posibilidades técnicas existentes profundizaremos en la revisión de estudios previos a través del electroencefalograma en el marco teórico expuesto. Además, dentro de las formas de analizar del electroencefalograma nos centramos en el ERD/ERS al permitir en su estudio el análisis de una gran variedad de patrones cognitivos (3.4.3, 3.4.4), algo que resulta de gran ayuda a la hora de localizar e identificar las reacciones neuronales ante el cambio de plano por corte en el medio cinematográfico.

3.4.1. Electroencefalograma (EEG)

La primera utilización del electroencefalograma como herramienta de acceso al conocimiento del medio cinematográfico data de los años 50, en investigaciones realizadas por el Instituto de Filmología de París, de la mano de Cohen-Séat, Gastaut y Bert (Cohen-Séat, Gastaut y Bert, 1954; Gastaut y Bert, 1954). En estas primeras investigaciones ya se aprecia el bloqueo del ritmo Alpha con una recuperación posterior en la zona temporal occipital cuando los sujetos abrían los ojos y al inicio de la proyección. También pudieron observar cómo en ciertos individuos se activaba el ritmo Theta (4-7 Hz) en momentos puntuales de la proyección. En el córtex premotor se detectó el fenómeno de ritmos *en arceu* entre los 7 y 11 Hz lo cual posteriormente se denominarían supresión del ritmo mu, circunstancia que se produce cuando observamos acciones motoras (Cochin *et al.*, 1999). Este ritmo se suprimía en el experimento de Gastaut y Bert (1954) cuando los sujetos se identificaban con los movimientos de los boxeadores observados en la pantalla. Incluso llegaba a desaparecer al segundo de la simple aparición de los boxeadores, independientemente de si estos se movían. En la proyección se producía un cambio de plano, que llevaba a visionar el público entrando en la sala sin centrarse en ninguna persona en concreto (imagen desestructurada), y en ese instante el ritmo mu volvía

a aparecer, para suprimirse de nuevo cuando la imagen mostraba a los boxeadores (imagen estructurada). Los resultados obtenidos por Gastaut y Bert enlazan directamente con el concepto de diégesis (Aumont *et al.*, 1995) y la identificación ante una imagen estructurada mediante el *embodied simulation theory* (Gallese, 2005; Gallese y Guerra, 2012). A nivel neurológico, la observación y la ejecución de movimientos comparten la misma red cortical, por lo que la supresión del ritmo mu en la corteza premotora refleja la actividad de las neuronas espejo y su activación cuando vemos realizar acciones (Rizzolatti *et al.*, 1996).

Las neuronas en su funcionamiento generan o inhiben ritmos, tengan o no estímulos sensoriales o motores. Para el estudio de las ondas cerebrales se distinguen diferentes ritmos (Buzsaki, 2006): Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma. Estos ritmos neuronales, según sus variaciones, tienen en muchos casos relación con procesos cognitivos definidos por la neurociencia. Analizar los ritmos cerebrales y sus variaciones en el tiempo permite decodificar estrategias cognitivas y procesos neuronales determinados. La actividad cerebral que podemos medir gracias al EEG, fundamenta su comportamiento en la llamada Carta Magna neuronal (Delgado-García, 2011; 2015), basada en los principios de activación e inhibición. Los tres principios fundamentales son el de polarización dinámica, el de polarización trófica y el de transformación. Este último se refiere a la conversión de entradas sensoriales en sincronización de oscilaciones. Martín-Pascual (2016) relaciona este proceso con la toma de conciencia de Tononi y Koch (2008), los qualias de la percepción de Koch (2004) o los cognits de Fuster (2003; 2009). Para el registro y análisis por medio del electroencefalograma de estos procesos neuronales se publicó un interesante estado de la cuestión en 2012 exponiendo en qué punto se encontraba la neurociencia en este ámbito (Buzsáki, Anastassiou y Koch, 2012).

Los diferentes estudios de las respuestas neuronales de los espectadores por medio de registros electroencefalográficos han permitido relacionar mecanismos neuronales con características concretas del film (Francuz & Zabielska-Mendyk, 2013; Heimann *et al.*, 2014).

De esta manera podemos empezar a configurar un mapa cerebral señalando qué partes están involucradas en el proceso de percepción fílmica y qué función desarrollan en su cognición. El cambio de plano por corte resulta un recurso cinematográfico ideal para su estudio mediante registros biométricos en el espectador a través de herramientas de medición temporal como es el electroencefalograma, ya que al tener concreción física permite realizar registros inmediatamente cuando sucede el evento del cambio de plano. Dentro del estudio del EEG nos basamos en el análisis del *event-related desynchronization* y el *event-related synchronization* que nos permite localizar que regiones neuronales se activan o inhiben, pudiendo relacionar estos resultados con patrones de reacción neuronal relacionados con el sistema cognitivo definidos en la literatura neurológica.

3.4.2. Anatomía cerebral y bandas de frecuencia

Para entender los procesos neuronales que reflejan los datos registrados mediante el electroencefalograma debe analizarse en qué zonas del cerebro se producen las variaciones eléctricas registradas y a que banda de frecuencia pertenecen. Gracias a los estudios previos desarrollados en el ámbito de la neurociencia, poder reconocer de forma concreta en cuanto a la localización cerebral y la identificación de la banda de frecuencia de los resultados registrados que resultan relevantes permite entender que funciones cognitivas y procesos neuronales se están desencadenando debido al evento que queramos analizar (Mai, Majtanik y Paxinos, 2015; Redolar, 2014; Amosa Delgado, 2011).

La idea de que el cerebro tiene diferentes zonas responsables de funciones concretas se remonta al antiguo Egipto, aunque posteriormente la cultura occidental descartaría esta posibilidad hasta mediados del siglo XIX. Ya en el papiro de Edwin Smith, datado en la dinastía XVIII de Egipto, se define lo que hoy consideramos como lóbulo frontal como el área cerebral relacionada con las afecciones mentales, idea recuperada por lobotomistas del siglo XX y en base a la que desarrollaron diversas técnicas operatorias (Asenjo *et al.*, 2011).

Las diferentes técnicas de lobotomía se basaban en desconectar una zona neuronal del resto del cerebro, especialmente aplicado en la corteza prefrontal, seccionando los fascículos nerviosos en mayor o menor medida y con mayor o menor control técnico del proceso. De este oscuro capítulo de la neurocirugía destacan entre muchos practicantes su inventor, el premio Nobel Antonio Egas Moniz (Freeman y Watts, 1945; Tan y Yip, 2014) y Walter Freeman (1949), que realizó unas 4.000 lobotomías en EEUU (Breggin, 1972), entre los que se estima el 40% por homosexualidad (Stone, 2013), popularizando su técnica personal²¹ utilizando un picahielos y un martillo de carpintero (Alonso, 2018).

Desde una perspectiva más ética, Paul Broca (1861a; 1861b; 1863; 1866) mediante el estudio del cerebro de pacientes afásicos²² determinó que lesiones en la zona prefrontal inferior del córtex (conocido actualmente como área de Broca) estaban relacionadas con el impedimento del habla. Broca afirmó en base a sus investigaciones que el cerebro tiene diferentes partes físicas diferenciadas y que cada una se dedica a funciones concretas. A partir de estas investigaciones se comenzó a estudiar como diferentes lesiones cerebrales daban origen a problemas funcionales específicos, comenzando a desarrollarse la anatomía cerebral. Años más tarde, Korbinian Brodmann (1909) mediante la tinción de Nissl²³ diferenció en base a la citoarquitectura²⁴ de la corteza cerebral lo que se conoce como las 47 áreas de Brodmann, definiendo un atlas cerebral completo. Wilder Penfield (Penfield y Jasper, 1954; Penfield, 1958) por su parte, estimuló eléctricamente diferentes zonas de la corteza somatosensorial y

²¹ La lobotomía transorbital desarrollada por Freeman, conocida como *técnica del picahielos*, consistía en introducir un estilete sobre el conducto lacrimal y rompiendo el cartílago golpeando el estilete con un martillo. Una vez introducido el estilete en el cerebro se procedía a apuntar con el mismo estilete las conexiones del lóbulo frontal con el resto del cerebro (Alonso, 2018). Cada cuenca ocular permitía el acceso a uno u otro hemisferio.

²² La afasia es un trastorno del lenguaje consecuencia de una lesión en la zona del cerebro especializada en el lenguaje. Este trastorno puede tener como consecuencias problemas en la lectura, la escritura y el habla. Paul Broca analizó cerebros de pacientes afásicos con impedimentos en el habla (apraxia del habla y agrafismo), conocida como afasia de Broca (Helm-Estabrooks y Albert, 2005).

²³ Técnica para teñir ácido nucleico de tejidos celulares, permitiendo medir el tamaño del soma y la densidad celular (Rosenzweig, Breedlove y Watson, 2005).

²⁴ Análisis en función de la composición celular de los tejidos orgánicos (Ruiz Pesini, 1986; Alcaraz, 2000).

analizo las sensaciones táctiles que percibían los sujetos de sus experimentos, produciéndose estas en diferentes zonas del cuerpo dependiendo de donde se inducía la estimulación eléctrica. Desde entonces, sobre todo tras el desarrollo de medios de registros neuronales no invasivos, el avance en el mapeado cerebral ha ido perfeccionándose, hasta el último descubrimiento en 2018 de una nueva área cerebral denominada *endorestiform nucleus*, encargada de vincular la información sensorial con nuestra postura y movimientos (Paxinos, Furlong y Watson, 2019). En la actualidad se considera que, a pesar de existir partes físicas del cerebro que se muestran especializadas en funciones concretas, el procesamiento neuronal requiere la actividad coordinada de diversas zonas para el desarrollo de cada función concreta, suponiendo un sistema especializado pero al mismo tiempo coordinado y complejo (Treisman, 1996).

La división más básica del cerebro en diferentes zonas es la división por lóbulos, que define 6 lóbulos en cada uno de los dos hemisferios, el izquierdo y el derecho (Redolar, 2014). Los lóbulos dividen el cerebro en términos generales según su importancia para el desarrollo de diversas funciones, al mismo tiempo que están delimitados de forma física por la cisura lateral, la cisura rolándica y la incisura preoccipital²⁵. De esta forma el cerebro se divide en los lóbulos frontal, parietal, occipital, temporal, ínsula y límbico. Debido a que el electroencefalograma sitúa los electrodos sobre el cráneo, los lóbulos que resultan mejor expuestos para su registro desde este sistema son el frontal, el parietal, el occipital y el temporal. Cada lóbulo puede a su vez dividirse para su estudio en áreas más pequeñas. El lóbulo frontal, por ejemplo, puede dividirse en corteza motora primaria, corteza motora medial, corteza orbitofrontal, corteza frontal posteroinferior izquierda y corteza frontal dorsolateral. Al mismo tiempo, estas subdivisiones de los lóbulos, también se diferencian en zonas más pequeñas a las que se atribuyen dedicaciones

²⁵ Una cisura en neuroanatomía es un pliegue profundo en la corteza cerebral. Existen diversas cisuras como la cisura de Ecker en el lóbulo occipital o la cisura intracerebral que divide los dos hemisferios del cerebro. Las cisuras lateral, rolándica y preoccipital resultan de especial interés, ya que se toman como referencia física para establecer la separación entre los lóbulos cerebrales (Diamond, Scheibel y Elson, 1996).

más específicas, como por ejemplo la corteza somatosensorial primaria que tiene diferentes zonas cada una dedicada a procesar la información percibida por una parte concreta del cuerpo.

Sin profundizar en especificaciones, se considera que cada lóbulo tiene dedicación específica a funciones concretas. De esta forma el lóbulo frontal integra tareas complejas procesadas en otros lóbulos, también muestra especial importancia en la solución de problemas y tiene relación con las conductas y la acción voluntaria. El lóbulo parietal gestiona información sensorial percibida por el cuerpo y otras actividades específicas como la orientación. El lóbulo temporal procesa la información auditiva, tiene importancia en el reconocimiento de la información visual, el equilibrio, regula ciertas emociones y es el lóbulo con mayor importancia en el lenguaje (tarea compartida con los lóbulos parietal y frontal aunque en menor medida). Por último, el lóbulo occipital es el encargado de procesar la información visual (Morris y Maisto, 2005).

El cerebro es un órgano electroquímico, por lo que podemos registrar su actividad midiendo su actividad eléctrica en formas de ondas cerebrales (Hermann, 1997). La actividad oscilatoria supone fluctuaciones rítmicas de los potenciales postsinápticos²⁶ y refleja el patrón de descarga rítmico de los potenciales de acción (Artieda *et al.*, 2009). La percepción de un input cognitivo desencadena la activación de diferentes neuronas que pueden estar distanciadas entre sí, perteneciendo incluso a diferentes lóbulos. De esta forma se procesan las diferentes características elementales del input percibido dando lugar a un proceso complejo, definido como *binding* (Treisman, 1996). El funcionamiento del binding sigue siendo una cuestión estudiada actualmente, pero el modelo de comportamiento neuronal más aceptado por la mayoría de estudios neurológicos contemporáneos es el que propone que la

²⁶ Potencial postsináptico (PSP) es la variación electroquímica que se produce en las neuronas debido al flujo de iones cargados por la actividad cerebral. El PSP puede ser excitatorio si se despolariza la neurona e inhibitorio si mantiene la neurona polarizada (Córdova, 2003).

integración de las diferentes características de un input percibido procesadas en paralelo por diferentes neuronas se unifica mediante la sincronización de las descargas neuronales. Este modelo de funcionamiento permite justificar como se pueden procesar diferentes elementos en paralelo sin solaparse las transmisiones eléctricas, gracias a la diferenciación de las operaciones neuronales al desarrollarse en diferentes frecuencias y fases de onda (Von der Malsburg y Schneider, 1986; Von der Malsburg, 1995). Por ello, según el modelo propuesto por Von der Malsburg, las diferentes frecuencias y fases de las oscilaciones neuronales no suponen información, sino que “actúan como el substrato que permite la integración de la información que llevan las distintas neuronas que se sincronizan, funcionando como una especie de «semáforo» que controla la descarga de las neuronas excitadoras.” (Artieda *et al.*, 2009, pág. 48).

La actividad neural es registrada por cada electrodo captando la evolución de los valores de intensidad eléctrica en la zona del cuero cabelludo en la que contacta. Este registro resulta una onda compleja, resultado de la superposición de onda frecuencias que reflejan el tipo de actividad que se está desarrollando en el cerebro. El registro electroencefalográfico que registramos en cada electrodo podemos desglosarlo en cinco categorías de ondas cerebrales según su rango de frecuencia, que son Alpha, Beta, Gamma, Theta y Delta (Buzsaki, 2006). Los diferentes rangos de frecuencia actúan como canales que transmiten un tipo de procesamiento neuronal, permitiéndonos conocer qué tipo de funciones neuronales se están produciendo. De forma muy simplificada, las ondas Beta son características de fuerte actividad mental o intelectual, procesos emocionales y cognitivos (Ray y Cole, 1985; Hayashi *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2012), Alpha es característico de estados de reposo o reflexión (Laufs *et al.*, 2003; Hao *et al.*, 2016) y de atención (Sauseng *et al.*, 2005; Babiloni *et al.*, 2004), Theta se relaciona con la ensoñación estando despiertos o la memoria (Weber y Doppelmayr, 2016; Jensen y Tesche, 2002), Delta se relaciona con procesos durante el sueño (Branco, Atalaia y

Paiva, 1994; Amzica y Steriade, 1998) y Gamma se relaciona con la conciencia y la atención (Sauvé, 1999; Jensen, Kaiser y Lachaux, 2007).

Para comprender mediante el estudio del electroencefalograma qué funciones neuronales se desencadenan en el cerebro ante un input concreto, resulta de gran utilidad el conocimiento de un atlas neuronal y la definición de unas bandas de frecuencia en la transmisión neuronal. De esta forma se pueden triangular las informaciones de que input se ha percibido, que zonas del cerebro han reaccionado y en que bandas de frecuencia se ha producido la reacción, permitiéndonos obtener conclusiones concretas y generar conocimiento. En base a esta triangulación existen dos formas de plantear un estudio neurológico, uno inductivo y otro deductivo. Por un lado existen los planteamientos inductivos, que se basan en exponer a los sujetos sobre los que se va a registrar su electroencefalograma ante inputs orientados a eventos cognitivos muy concretos y analizar que reacciones neuronales se desencadenan (Onton, Delorme y Makeig, 2005; Klimesch, Schimke y Schwaiger, 1994). En ocasiones, las investigaciones neurológicas inductivas combinan diferentes sistemas de registro neuronal ante el mismo input para cruzar los resultados y obtener conclusiones más sólidas, como por ejemplo comparar el registro del electroencefalograma con el de resonancia magnética (Meltzer, Negishi, Mayes y Constable, 2007; Herweg *et al.*, 2016; Mele *et al.*, 2019). Gracias a este sistema la neurociencia ha teorizado sobre cómo reacciona nuestro cerebro ante inputs concretos, definiendo así procesos neuronales específicos. Por otro lado existe un planteamiento deductivo, que se basa en exponer al sujeto sobre el que se va a registrar el electroencefalograma ante inputs que se prevé requieren procesos cognitivos complejos y comparar los resultados neuronales registrados con los estudios inductivos existentes, deduciendo de esta forma qué procesos neuronales se han desencadenado debido al input de estudio (Heimann *et al.*, 2016; Calbi *et al.*, 2017). En el caso de nuestra investigación, al ser el cambio de plano un input cognitivo complejo, recurrimos al sistema deductivo, procediendo a

comparar las zonas neuronales que se detectan reactivas ante el input en base a la banda de frecuencia en la que se detecte la actividad eléctrica con estudios ya existentes de experimentos neurológicos inductivos, tratando de esta forma comprender como se procesa a nivel neuronal un cambio de plano por corte.

3.4.3. *Event-related desynchronization/event-related synchronization (ERD/ERS)*

El estudio del *event-related desynchronization* (ERD) y el *event-related synchronization* (ERS) consiste en el análisis del electroencefalograma en el dominio de la frecuencia. El hecho de estudiar el electroencefalograma de esta forma nos permite detectar zonas de actividad neuronal donde interviene una mayor cantidad de neuronas (ERS), lo que se denomina *excitación*, o cuando se produce actividad cerebral en un menor número de neuronas (ERD), lo que se denomina *inhibición*. Es decir, detectamos la excitación o inhibición neuronal por medio del estudio de la señal registrada por el electroencefalograma en el dominio de la frecuencia. Para poder conocer si está aumentando o disminuyendo el número de neuronas implicadas se referencian los datos con respecto a un *baseline* o estado de equilibrio, definiendo un proceso de sincronización o desincronización neuronal en tanto por ciento en relación al estado de referencia. El ERD/ERS analiza las variaciones del *power change* y las representa de forma relativa a un nivel de equilibrio obtenido por medio del *baseline* (Pfurtscheller, 2001). El *power change* es un valor obtenido a partir de un determinado rango de muestras de la señal EEG que cuantifica la frecuencia de oscilación del electroencefalograma. Estas oscilaciones en la señal eléctrica registrada por el electroencefalograma se relacionan con la cantidad de neuronas que están excitadas durante la medición del EEG (Redolar, 2014).

Estudios previos han detectado a través del análisis ERD/ERS patrones neuronales ante el salto de eje en el cambio de plano, ya que se producen diferencias perceptibles relacionados con la pérdida de identificación con lo observado entre otras variaciones

(Heimann *et al.*, 2016). Esto se debe a que, entre otras posibilidades, a través del ERD/ERS podemos estudiar la desincronización y sincronización del ritmo mu, relacionado con las neuronas espejo. El sistema de neuronas espejo transforma información visual en conocimiento sobre el entorno (Rizzolatti y Fabbri-Destro, 2010) y da lugar a la identificación emocional de lo que se está observando (Rizzolatti, Fogassi y Gallese, 2006). Además, la desincronización del ritmo mu rolándico²⁷ del córtex motor da una sensación de artificialidad en la imagen (Martín-Pascual, 2016) y está relacionado con los mecanismos neuronales encargados de procesar las acciones, que influyen en la sensación de continuidad en el corte entre planos (Heimann *et al.*, 2016). Heimann y su equipo (2014) analizaron mediante ERD/ERS la sincronización de los ritmos mu rolándicos de espectadores visualizando fragmentos audiovisuales con diferentes movimientos de cámara, centrándose en las bandas de frecuencia Alpha y Low Beta en la zona central del mapa cortical, encontrando diferencias en la respuesta neuronal entre varias técnicas cinematográficas de movimientos de cámara como el *Steadicam*²⁸, el *zoom*²⁹ o *dolly*³⁰. Además, con indiferencia de la técnica de movimiento de cámara analizada, el hecho de acercar la cámara al sujeto filmado producía una sincronización de los ritmos mu mayor al producido por un plano estático sin aproximación.

También existen factores narrativos que aumentan la sincronización en el ERD/ERS, por ejemplo, ante un estímulo fílmico asociado a la tristeza se producen mayores niveles de sincronización que si está asociado a la felicidad, aunque al mismo tiempo ambas producen mayor sincronización que ante un estímulo emocionalmente neutro (Costa, Rognoni y Galati,

²⁷ La fisura Rolándica separa el lóbulo parietal y frontal, en las zonas motoras centrales. Aquí es donde se localizan los ritmos mu, también llamados *Alpha precentral* o *Alpha Rolandico*.

²⁸ *Steadicam* es un sistema hidráulico que permite realizar movimientos de cámara en los tres ejes espaciales con una gran estabilidad.

²⁹ *Zoom* es el efecto producido al variar de forma continua la distancia focal en la óptica durante la grabación.

³⁰ *Dolly* es un mecanismo de filmación cinematográfica consistente en un carro con ruedas que permite mover la cámara por el set de rodaje. Normalmente el mecanismo se coloca sobre raíles que limitan y facilitan el desplazamiento del carro.

2006). Según otras investigaciones (Krause *et al.*, 2000; Delorme, Westerfield y Makeig, 2007), la banda de frecuencia Theta (4-6 Hz) es la que más responde ante los estímulos emocionales de orden visual, especialmente para estímulos agresivos. Además, el rango de frecuencia entre 6-8 Hz y 8-10 Hz, responden a las teorías de habituación humana (Stein, 1966), mientras que el rango entre 4-6 Hz y 10-12 Hz muestra mayor independencia a la repetición del evento. Los procesos de sincronización en el ERD/ERS ante eventos emocionales fueron apoyados por posteriores investigaciones (Dmochowski *et al.*, 2012), que determinan un incremento de actividad neuronal en Alpha y descenso en Beta, condición relacionada con la atención emocional, junto con un aumento de actividad en Theta, que se asocia con procesos de memoria. Con respecto a cómo afectan estas relaciones neuronales al medio cinematográfico de forma directa, Bezdek, Wenzel y Schumacher (2017) proponen que el suspense en los films aumenta la activación de los procesos de atención y memoria.

El estudio del ERD/ERS resulta una metodología muy efectiva en el análisis del electroencefalograma para poder detectar excitaciones o inhibiciones de áreas neuronales en diferentes bandas de frecuencia que podemos asociar a diferentes procesos cognitivos. El estudio de ERD/ERS del electroencefalograma registrado resulta muy práctico para estudiar cuestiones como la semántica, la sintaxis, la intervención de la memoria, la codificación, la relación espacio-temporal o la identificación con lo observado. Lograr definir patrones neuronales ante el corte relacionados con la sintaxis, la codificación, la relación espacio-temporal y la memoria pueden ser de gran utilidad para la definición del cambio de plano como elemento responsable de la articulación del film. Por ello, para lograr el objetivo de detectar e identificar patrones en el instante de corte que sirva para una nueva aproximación al debate sobre si el cine es un lenguaje o no, resulta de especial interés esta metodología de análisis electroencefalográfico.

3.4.4. Estudios previos del ERD/ERS en neurocinemática

Entre las investigaciones previas que estudian la edición cinematográfica a través del ERD/ERS cabe destacar, debido sus similitudes con la presente investigación, la publicada con el título «Cuts in action» (Heimann *et al.*, 2016), así como otros estudios basados en el ERD/ERS orientados al medio cinematográfico (Heimann *et al.*, 2014; Costa, Rognoni y Galati, 2006; Krause *et al.*, 2000).

Resultan de especial interés los dos artículos de entre los mencionados donde participa Heimann, ya que se centran en cómo reacciona el espectador analizando el ERD/ERS del registro electroencefalográfico ante diferentes técnicas cinematográficas concretas, mientras los artículos referidos de Costa y Krause con sus respectivos equipos analizan cómo reacciona emocionalmente el espectador ante el contenido del film. Para la realización del experimento, Heimann recurre en ambas investigaciones a material filmado de propio, intentando replicar en el rodaje de los fragmentos audiovisuales que son mostrados durante el experimento las mismas condiciones en cada clip de video con el mínimo número de variables posible. De esta forma, por ejemplo, en la publicación «Moving mirrors» (Heimann *et al.*, 2014) explican que filmaron la misma puesta en escena con diferentes técnicas de acercamiento de cámara, intentando que el resto de la puesta en escena sea constante para las diferentes tomas. De esta forma, Heimann trata de tener el input de estudio como la única variable en el material audiovisual filmado que se va a mostrar al espectador y así poder analizar la respuesta neuronal del espectador ante técnica cinematográfica que quiere estudiar de la forma más concreta posible.

Costa (Costa, Rognoni y Galati, 2006) y Krause (Krause *et al.*, 2000) ignoran todos los aspectos técnicos relacionados con el film y analizan cómo reacciona el espectador a nivel emocional ante el conjunto del clip audiovisual. Para ello utiliza fragmentos extraídos de films ya existentes, clasificados como agresivos, tristes o neutrales en el caso de Krause, y felices, tristes o neutros en el estudio de Costa. La principal diferencia para justificar la naturaleza de

los fragmentos a mostrar durante el visionado es que, mientras Heimann analiza técnicas cinematográficas concretas independientemente del contenido, Costa y Krause analizan el resultado emocional, independientemente de la forma estética y técnica del film. Debido a esta diferencia, Heimann filma material de propio para el experimento, mientras Costa y Krause utilizan fragmentos fílmicos ya existentes. A pesar de esto, Costa modifica el montaje original eliminando partes concretas, generando un fragmento audiovisual intermedio entre el creado exclusivamente para el experimento y la utilización de material fílmico cuya finalidad original es el consumo del espectador. La diversidad de procedimientos para establecer el material de visionado sobre el que se va a realizar el experimento es un indicio de un debate más amplio, centrado en qué material audiovisual es adecuado para analizar el cine desde la neurociencia. Una decisión que toma mayor complejidad si tenemos en cuenta el artículo de Cutting, DeLong y Brunick (2011) donde detectaron que el espectador refleja un nivel de actividad cognitiva inferior al mirar un film completo que cuando únicamente se le muestra un fragmento aislado, como es el caso de la mayoría de los experimentos neurocinemáticos. En cualquier caso, el análisis de fragmentos audiovisuales mediante ERD/ERS ha demostrado ser una herramienta útil para el estudio de cuestiones narrativas y estructurales, permitiendo tener un mayor conocimiento sobre cómo funciona el sistema cognitivo ante estímulos audiovisuales. La posibilidad de utilizar fragmento fílmicos siempre va a acercar los resultados en mayor medida al análisis del film, aunque hoy en día no resulta práctico el registrar el electroencefalograma visionando un film completo debido a la cantidad de datos que se registrarían dificultando los procesos de computación y la posibilidad de que el sujeto muestre agotamiento que distorsione los resultados, ya que las condiciones en las que el espectador observa el film en el laboratorio son muy diferentes a las que está acostumbrado.

Volviendo a la revisión de la literatura previa, otro centro de interés para ayudarnos a diseñar nuestra investigación es el tratamiento aplicado sobre la señal registrada. A nivel de

tratamiento estadístico, el trabajo de Heimann es muy concreto. Aplica la metodología *One-Way ANOVA*³¹ con diferentes niveles de condición, comparando ambos hemisferios del cerebro a lo largo de un número de ventanas temporales predeterminadas que permiten ver la evolución de las reacciones neuronales. Concretamente en «Moving mirrors» (Heimann *et al.*, 2014) utiliza cuatro niveles de condición, que son cámara estática, *dolly*, *Steadicam* y *zoom*. En «Cuts in action» (Heimann *et al.*, 2016) utiliza dos niveles de condición, que son montaje en continuidad y con salto de eje. Basándose en que el resto de la puesta en escena no produce efectos diferentes en el espectador al ser un material audiovisual diseñado de propio para el experimento, Heimann concluye que todo resultado obtenido al determinar las diferencias neuronales entre las reacciones registradas en el espectador ante un clip filmado con una técnica cinematográfica u otra se produce exclusivamente en respuesta a la propia técnica que quiere estudiar. De esta forma, ayudándose de la metodología *post hoc* del test de comparación múltiple de Duncan³² para definir los factores de significancia y las iteraciones entre las agrupaciones, Heimann determina ante cada tipo de técnica cinematográfica qué variaciones se producen en diversas bandas de frecuencia y determina su evolución temporal gracias a las ventanas temporales donde define su análisis.

Por otro lado, Krause y su equipo (2000) también utilizan un análisis de varianzas como hace Heimann, pero lo aplican realizando la comparación entre sujetos para determinar la significancia de la reacción respecto al estímulo fílmico. Aplican el método estadístico ANOVA (Localización X Secuencia X Tiempo) para analizar el ERD/ERS de las señales procesadas. Costa, Rognoni y Galati (2006) por su parte se basan en el índice de sincronización (SI), utilizado para detectar las interdependencias en señales de EEG. Examinan los pares de

³¹ Análisis de varianza que prueba la hipótesis que las medias de dos o más grupos son iguales utilizando la distribución F de Fisher como parte del contraste de hipótesis. Se utiliza para evaluar las diferencias entre al menos tres grupos, utilizándose t-test cuando solamente hay dos.

³² Método de comparación múltiple que se aplica tras el análisis de varianza para determinar en qué grupos concretos se produce la varianza entre las medias.

electrodos de diferentes zonas corticales buscando un patrón de sincronía entre ellos, definiendo en este caso *sincronía* como la coincidencia de los ritmos de la señal analizada, no en la relación entre el ERD/ERS con el *baseline*. Concretamente definen el SI como el grado de sincronía de fase entre dos señales, obteniendo un valor comprendido entre 0 y 1. Costa, Rognoni y Galati se basan en esta sincronía de fase para poder detectar diferentes actividades concretas en el sistema neuronal.

El análisis de investigaciones relacionadas con nuestro estudio nos ayuda a encarar la metodología de una forma adecuada. Por un lado, tenemos que conocer qué cualidades ofrece la naturaleza del material audiovisual y qué ventajas e inconvenientes vamos a tener en nuestro diseño. Por otro lado, analizar diferentes propuestas específicas de metodología de análisis de señal en el dominio de la frecuencia para estudiar el ERD/ERS nos permitirá determinar la forma más adecuada de establecer el *baseline*. Esta revisión nos ayuda en definitiva a tomar decisiones sobre el planteamiento de nuestro diseño metodológico teniendo referencias concretas de investigaciones que se han desarrollado con éxito. En concreto, para el diseño de nuestra investigación orientado a estudiar un aspecto técnico concreto como es el cambio de plano por corte, nos remite al planteamiento de análisis de varianza utilizado por Heimann (2016; 2014), mientras que en cuanto al input audiovisual que se va a mostrar al espectador sobre el que se registra el electroencefalograma, al utilizar en nuestro experimento fragmentos fílmicos reales, debemos tener en cuenta las propuestas metodológicas de Krause (2000) y Costa (2006). Si bien, a diferencia del estudio de fase de la señal registrada descrito por Costa, en nuestra investigación referenciamos el *power change* con un *baseline* para poder estudiar el ERD/ERS, como veremos en el apartado 4.5.

4. Metodología

El objetivo principal de la investigación es establecer la naturaleza del cambio de plano por corte en la edición cinematográfica como articulador fílmico mediante la identificación de patrones cognitivos en la respuesta neuronal de los espectadores que visionan el cambio de plano. Para ello deben cumplirse dos condiciones, que dan lugar a los dos objetivos secundarios. La primera condición es que ante todos los cortes los espectadores respondan neurológicamente siguiendo algún patrón común de reacción cerebral ante el cambio de plano y la segunda condición es que cada tipo de corte produzca mecanismos cognitivos específicos dependiendo de sus características concretas.

Partiendo de la premisa definida en el marco teórico de que el cine tiene articulaciones discursivas propias, tomamos en consideración que en los instantes donde se produciría con mayor evidencia la percepción consciente o inconsciente de la articulación debería de ser en el cambio de plano por corte. Si el corte es un articulador del discurso fílmico, lo que nos remite al objetivo principal, deberíamos poder localizar en primer lugar patrones cognitivos comunes a todo tipo de corte, de la misma forma que deberíamos poder diferenciar reacciones neuronales ante las diferentes tipologías de corte, lo que significaría cumplir los dos objetivos secundarios. Para ello realizamos un experimento extrayendo datos a través del electroencefalograma, registrando la actividad neuronal de espectadores, y analizamos la información obtenida mediante el estudio del ERD/ERS. El experimento consiste en realizar el registro electroencefalográfico de espectadores mientras visionan de 4 fragmentos fílmicos que contienen edición cinematográfica y posteriormente analizar dos segundos del registro para cada cambio de plano por corte, siendo un segundo anterior y el otro posterior al corte. Para poder analizar la información registrada por el electroencefalograma y cumplir el objetivo secundario de localizar variaciones cognitivas entre diferentes tipologías de corte, es necesario

definir una taxonomía para establecer categorías de comparación entre las distintas formas de combinar los planos mediante el corte.

Para conseguir localizar e identificar patrones neuronales desencadenados por el evento del corte establecemos un procedimiento global de registro y análisis de la respuesta neuronal del espectador ante el evento de cambio de plano por corte. El procedimiento tiene tres fases; el diseño experimental del visionado y registro del EEG, el tratamiento de la señal registrada por EEG y el tratamiento de los datos obtenidos en los ASF y los ASC³³ para poder realizar el estudio del ERD/ERS. El diseño experimental consiste en el diseño del registro del EEG mientras el espectador observa escenas cinematográficas que contienen cambios de plano por corte y que han sido seleccionadas por sus características estéticas y técnicas para el experimento. La segunda fase consiste en preparar la señal registrada mediante el EEG para el estudio del *power change* en sus diferentes rangos de frecuencia. Por último, la tercera fase consiste en el análisis estadístico de las señales obtenidas para localizar patrones de reacción en el *power change* producidos como consecuencia del cambio de plano por corte. Una vez realizadas estas tres fases se seleccionan del segundo posterior al corte las ventanas temporales de cada electrodo donde se ha localizado una reacción neuronal desencadenada por el evento del cambio de plano por corte y se analiza su ERD/ERS.

A través de técnicas de comparación entre las señales registradas por cada electrodo para el total de sujetos podremos conocer, por un lado, las reacciones neurológicas comunes al cambio de plano independientemente del resto de inputs propios de cada fragmento, y por otro lado, las variaciones en las reacciones neuronales asociadas al tipo de corte concreto que se están produciendo. Si es posible obtener resultados positivos en ambos casos obtendremos las reacciones neuronales registradas tras el cambio de plano específicamente producidas por el

³³ *Average signal per film* (ASF) y *average signal per cut* (ASC). Conjunto de señales modelo obtenidas en la fase de tratamiento de la señal registrada.

evento del corte, así como las diferencias significativas dependientes del tipo de corte concreto que visiona el espectador, pudiendo afirmar la existencia de patrones neuronales que indiquen mecanismos cognitivos en el espectador compatibles con la teorización de la existencia de una articulación discursiva debido al cambio de plano por corte. La existencia de esta cualidad estructuradora discursiva en el cambio de plano por corte apoyaría desde la neurocinemática la naturaleza articuladora del corte, ofreciendo una prueba empírica que apoyaría la postulación del cine como lenguaje.

4.1. Diseño experimental del visionado para el registro del EEG

El primer paso, el diseño experimental, consiste en la selección, estructuración e implementación del visionado a realizar durante el registro electroencefalográfico. Los sujetos que se sometan al experimento visualizarán cuatro fragmentos fílmicos seleccionados mientras se registra su actividad electroencefalográfica. Para poder realizar la experimentación neurológica contamos con el laboratorio *Augmented Cognition Lab* perteneciente a la *Technical Faculty of IT and Design* de la Universidad de Aalborg en Copenhague (Dinamarca) que nos permite aplicar con fiabilidad y soporte técnico las herramientas de registro y medición del electroencefalograma. Esta fase incluye la selección de los fragmentos fílmicos, la categorización taxonómica de los tipos de corte contenidos en los fragmentos fílmicos y la estructura del visionado.

4.1.1. Selección de fragmentos fílmicos

Dadas las premisas teóricas especificadas en el apartado 1.5 que limitan el universo cinematográfico que vamos a abordar, acotamos el estudio al cine de ficción (Plantinga, 1997) y de imagen real (Rondolino, 1974; Camporesi, 2015) correspondientes al MRI (Burch, 1987), como ya hemos explicado en el apartado 1.5. Para realizar el estudio se preparan 4 clips audiovisuales correspondientes a escenas con edición cinematográfica que contengan cortes

que podemos considerar en *racord* manteniendo continuidad espacial y progresión temporal (Bazin, 1958; Amiel, 2001; Reisz y Millar, 1953). Para crear cada clip extraemos un fragmento de un film ya existente sin manipular su edición original, tal como hace Krause (2000) en sus experimentos. La intención es detectar patrones de reacción neurológica ante el corte, pero tomando como referentes casos reales, no clips audiovisuales preparados de propio para el experimento. Esto genera ciertas dificultades para identificar las reacciones neuronales específicamente desencadenadas por el corte al no tener los inputs aislados. Resolvemos esta presencia de reacciones neuronales registradas provenientes de inputs no relacionados al evento cognitivo de estudio gracias a la combinación de técnicas matemáticas de comparación aplicadas entre las señales registradas procedentes de los diferentes films, tal como se definirá más adelante (4.3 y 4.4).

Seleccionamos para el visionado fragmentos fílmicos donde aparecen diversos tipos de morfología de corte. Al mismo tiempo también buscamos que los fragmentos fílmicos respondan a diferentes épocas, estéticas de montaje y características técnicas, como por ejemplo blanco y negro o color. Para ello seleccionamos 4 fragmentos fílmicos correspondientes a épocas, técnicas y estilos cinematográficos diferentes para poder tener una representación lo más amplia posible de reacciones debido a aspectos técnicos y estéticos, que son constantes en cada fragmento seleccionado y no tienen relación con el corte. El objetivo de esta selección con diversidad técnica y estética es desvincular la reacción neuronal del espectador ante el corte del film de las características estéticas, estilísticas o técnicas propias del fragmento fílmico.

Sin embargo, a pesar de buscar la variedad en los tipos de corte, nuestro interés se focaliza en la construcción del relato cinematográfico, por lo que nos centramos en la unidad espacio-temporal durante una misma escena al ser los fragmentos que el espectador procesa con mayor naturalidad (Smith y Henderson, 2008). Debido a esta condición, elegimos

escenas³⁴ completas de films que contienen cambios de plano por corte en continuidad o proximidad en cuanto a su relación espacial, y rigurosamente continuo o en hiato en su relación temporal (Burch, 1969). Además, los cortes seleccionados también deben encajar en el estilo de edición definido por Amiel (2001) como montaje en *racord*. La decisión de tomar estas características de edición definidas por Amiel y Burch se debe a que no suponen rupturas del espacio virtual, sino que los cortes conforman su construcción manteniendo la continuidad en la acción para que el espectador no perciba una ruptura técnica en el cambio de plano, permitiendo crear la sensación de un espacio-tiempo fílmico continuado. A diferencia del estudio de Francuz y Zabielska-Mendyk (2013) que detecta diferencias entre los cortes basados en la discontinuidad (*related* y *unrelated*) a través del estudio del EEG, en nuestro caso nos centramos en los cortes con unidad espacio-temporal durante una misma escena, al ser los cambios de plano que el espectador procesa con mayor naturalidad (Smith y Henderson, 2008). Debido a esta cualidad del corte todos los casos analizados responden a la categoría definida como *related* (Francuz y Zabielska-Mendyk, 2013; Lang *et al.*, 1993). Al buscar un tipo de cambio de plano que se procesen con naturalidad sin evidenciarse nos acercamos a la propuesta de Bazin (1958) del montaje invisible. Sin embargo, a pesar de tomar fragmentos que muestran una tendencia al montaje invisible, no establecemos esta categoría como excluyente ya que el espectador se ha acostumbrado y procesa sin que se produzca evidenciación ciertos recursos cinematográficos que Bazin definía como prohibidos para poder realizar un corte invisible. Por ejemplo, un salto de eje filmado de tal forma que no tenga referencias espaciales (planos cerrados en teleobjetivo con el contexto muy desenfocado) que tenga corte en movimiento³⁵

³⁴ “Una escena es una acción que se produce a través de un conflicto en un tiempo y un espacio más o menos continuos, que cambia por lo menos uno de los valores de la vida del personaje de una forma perceptiblemente importante” (McKee, 1997, pág. 56)

³⁵ Se llama corte en movimiento cuando el cambio de plano por corte se produce durante el desarrollo de una acción física en el personaje u objeto que supone el foco de atención. De esta forma el plano saliente finaliza con el inicio del movimiento y parte de su desarrollo y el plano entrante continua y finaliza el movimiento. (Konigsberg, 2004; Sánchez, 1994). De esta forma, la acción hace de puente produciendo una sensación de continuidad (Smith, 2005).

con continuidad espacio-temporal, hoy en día es procesado de forma natural por el espectador. Tomamos la idea expuesta por Bazin de montaje invisible, pero teniendo en cuenta que han pasado más de 50 años desde su exposición y la exposición continua del espectador ante contenido audiovisual que utiliza recursos definidos como prohibidos por Bazin y la búsqueda de conseguir cambios de plano que pasen desapercibidos en el espectador por los montadores durante este tiempo ha ampliado el abanico de cortes percibidos como invisibles.

Además de las restricciones establecidas en relación a los tipos de corte que deben contener los fragmentos audiovisuales seleccionados, también se descartan las secuencias con una duración superior a 6 minutos, ante la posibilidad de que pueda suponer agotamiento en el espectador (Faber, Maurits y Lorist, 2012). Contemplando esta limitación temporal, los fragmentos seleccionados conforman escenas dramáticas completas, para que se mantenga una estructura narrativa comprensible por el espectador (McKee, 1997). Además de la condición expuesta, se tiene en cuenta que el film sea en versión original y en inglés. Al realizar los experimentos en la universidad de Aalborg de Copenhague, los potenciales participantes en el experimento tienen en común el dominio de esta lengua al ser un perfil de estudiante internacional y resultar el inglés la lengua vehicular de la propia universidad. Se descarta utilizar películas subtituladas ya que es un condicionante en el proceso de cognición (Kruger, Doherty y Ibrahim, 2017; Perego, Del Missier y Stragà, 2018) pudiendo modificar el tipo de atención específico del espectador ante el film (Koolstra, Peeters y Spinhof, 2002; Perego *et al.*, 2010). También descartamos trabajar con películas dobladas al inglés, ya que implicaría entrar en un debate no resuelto (Vöge, 1977), evitando enredarnos en la *paradoja de Teseo* (Plutarco, trad. 1847) sobre si podemos modificar la banda sonora de una obra fílmica cerrada y seguir considerándola la misma obra fílmica.

Finalmente, los fragmentos seleccionados son escenas pertenecientes a los films *Bonnie & Clyde* (Penn, 1967), *The Searchers* (Ford, 1956), *Whiplash* (Chazelle, 2014) y *On*

the Waterfront (Kazan, 1954). En total, se dispone de 261 cambios de plano por corte, que recogen una amplia muestra estética y estilística. En la tabla 3 se destacan las características técnicas y artísticas que diferencian los diferentes fragmentos seleccionados.

Tabla 3: Características técnicas y estéticas diferenciales entre los diferentes fragmentos.

Película	Color/B&N	Características destacables	Ratio rítmico ^a	Valor narrativo ^b	Estética ^c	Estilo fílmico ^d
<i>Bonnie & Clyde</i>	Color	Ritmo final muy picado. Contiene planos a cámara lenta. Tendencia a un montaje fragmentado.	27,24	Punto de inflexión. Conflicto fuerte.	Moderna	Transición
<i>The Searchers</i>	Color	Tendencia a planos conjuntos abiertos. Montaje invisible todo el fragmento.	4,79	Presentación de personaje. Sin conflicto.	Clásica	Clásico
<i>Whiplash</i>	Color	Tendencia a planos cerrados. Contiene saltos de eje.	21,89	Punto de inflexión. Conflicto fuerte.	Moderna	Post-clásico
<i>On the Waterfront</i>	Blanco y negro	Tendencia a la frontalidad. Montaje invisible todo el fragmento.	14,45	Escena anterior al punto de inflexión. Conflicto bajo.	Clásica	Clásico

NOTAS. ^a Promedio de cortes por minuto contenidos en el fragmento.

^b Valor narrativo en relación a la narración cinematográfica y el conflicto mostrado en el fragmento (McKee, 1997).

^c Estilo de iluminación (Revault D'Allonnes, 1991).

^d Estilo cinematográfico (Bordwell, 1985; Langford, 2009; Thanouli, 2009).

Tras el visionado de los fragmentos fílmicos, el análisis de los registros del EEG de los sujetos en el segundo anterior y posterior a cada uno de los cortes servirá para determinar si desde la neurocinemática se puede establecer una respuesta común al corte y dar soporte a su consideración como articulador o, por el contrario, la inexistencia de una respuesta dependiente haría replantearse esta opción.

4.1.2. Categorización de las taxonomías de corte contenidas en los fragmentos fílmicos

La taxonomización del corte cinematográfico no es única. Hemos visto en el apartado 2.6 diferentes categorizaciones del evento de corte establecidas entorno a parámetros diversos. En neurocinemática el análisis taxonómico orientado al cambio de plano por corte más utilizado

es el desarrollado por Cutting (2014), pero no por ello es la única posibilidad (Aumont y Marie, 1988; Casetti y di Chio, 1990). Para nuestra investigación realizamos una clasificación taxonómica determinada por las características morfológicas del corte para aplicar a los fragmentos fílmicos seleccionados y que nos permita relacionar el cambio de plano con los resultados obtenidos por el EEG. Para desarrollar este experimento y en aras de tratar de determinar una relación entre el registro neurocinemático del EEG de los sujetos y las categorías taxonómicas planteadas teóricamente, agrupamos los cambios de plano por corte en dos clasificaciones taxonómicas. De esta forma podremos lograr el objetivo secundario planteado de determinar si existen patrones cognitivos diferenciados específicos para cada categoría taxonómica de corte. La primera clasificación establece las categorías taxonómicas en función del plano tras el corte, y la otra establece las categorías con más independencia del plano nuevo, centrándose en la variación entre los dos planos alrededor del corte. La finalidad de esta categorización es poder determinar, desde el análisis de las señales registradas, si los mecanismos cognitivos de los usuarios se identifican en el análisis de alguna de las clasificaciones propuestas. Este paso es necesario para establecer la evidencia del corte cómo articulador capaz de jugar un papel determinante en la estructuración de la narración fílmica.

Para el análisis de los fragmentos, partimos del concepto de clasificación del corte diseñada por Cutting (2014) basándonos en variables con valores estandarizados. Para nuestro análisis nos basamos en dos características principales, la escala de plano y la variación en el ángulo de grabación. Sin embargo, no tomamos en consideración el análisis referente al cambio de personajes que sí aparece en la clasificación de Cutting, al ser este aspecto más relativo a la semántica que a la sintaxis. Tampoco contemplamos la variación temporal, al interesarnos en el estudio del cambio de plano con unidad y linealidad temporal, habiendo seleccionado previamente los fragmentos fílmicos con esta premisa. Por ello la diferenciación de cambio de plano por corte va a estar centrada en la espacialidad, estableciendo dos criterios base. Uno

definido por la posición de cámara y otro por la escala del encuadre. Con respecto a la variante de la posición de cámara, determinamos la diferenciación en función de las variaciones de ángulo de grabación con respecto a la cámara entre el último *frame* anterior al corte y el primer *frame* posterior, y diferenciamos variaciones de ángulo grandes ($>30^\circ$), variaciones de ángulo pequeñas ($<30^\circ$) y cambios de plano en el mismo eje ($\approx 0^\circ$). La diferencia entre variación de ángulo grande o pequeña es dependiente de si el campo referenciado en el plano tras el corte está incluido o no en el plano anterior, y se relaciona con la ley de edición de los 30° (Corrigan y White, 2004) y el tipo de corte espacial definido por Burch (1969) como en continuidad.

Para analizar los fragmentos fílmicos según la segunda característica que nos permite definir las categorías de corte, debemos determinar las escalas de cada plano. Para determinar la escala de plano, recurrimos a una tipología más simplificada que la utilizada por Cutting (2014), distinguiendo entre plano general, plano entero, plano medio, primer plano y plano detalle. El análisis de cada fragmento fílmico puede verse en el anexo 1 y un resumen en la tabla 4.

Tabla 4: Resumen del anexo 1

Película	Duración del fragmento	Número de cortes tipo <i>related</i>	Escalas de plano	Variación de cámara
<i>Bonnie & Clyde</i>	03:05:06	84	Primer plano Plano medio Plano entero Plano general	<30 >30 En eje
<i>The Searchers</i>	03:08:02	14	Plano medio Plano entero Plano general	>30 En eje
<i>Whiplash</i>	05:07:01	112	Plano detalle Primer plano Plano medio Plano entero Plano general	<30 >30 En eje
<i>On the Waterfront</i>	03:11:13	46	Plano detalle Primer plano Plano medio Plano entero Plano general	<30 >30 En eje

Las características definidas como útiles para realizar la clasificación nos permiten obtener dos variables (escala de plano y variación de cámara) que en sus diferentes combinaciones darán lugar a las agrupaciones taxonómicas que permiten realizar diferentes comparaciones por análisis de varianza para observar los resultados y localizar las diferencias específicas en los procesos neuronales debidas a cada tipo de corte. Los cortes existentes definidos como *unrelated* (Francuz y Zabielska-Mendyk, 2013) que puedan ser registrados en el electroencefalograma se descartan, ya que nos basamos en el análisis del corte manteniendo la unidad espacio-temporal, donde la ruptura técnica del cambio de plano no supone una ruptura narrativa del espacio o el tiempo fílmico (Bazin, 1958) manteniendo la unidad virtual de la narración fílmica

Establecidas las dos características que van a determinar la clasificación de los tipos de corte, el experimento se planifica para determinar según la señal registrada qué agrupación taxonómica es más coincidente con el sistema cognitivo del espectador, para ello se realizan dos agrupaciones taxonómicas diferentes basándonos en dos posibilidades de procesamiento cognitivo. A estas agrupaciones las llamaremos G1 y G2. Para establecer los taxones de G1 y G2 agrupamos los tipos de corte desglosados en el anexo 1 según el enfoque cognitivo de cada taxonomía. Una primera clasificación taxonómica (G1) se centra en el input entrante, dando importancia no tanto a la variación entre planos sino al input nuevo, mientras que la segunda clasificación taxonómica (G2) se basa en la variación que se produce en las características estudiadas debido al cambio de plano. De esta forma para la taxonomía G1 se agrupan los cortes que nos llevan a planos entrantes³⁶ con las mismas características y para la taxonomía G2 se agrupan los cortes dependiendo del tipo de variación que se produce entre las

³⁶ Se considera plano entrante al plano que aparece tras el cambio de plano y plano saliente al plano anterior al cambio de plano (Bestard Luciano, 2011). Esta consideración es independiente a si el cambio de plano se produce por corte o cualquier otra técnica con transición temporal.

características del plano saliente y del entrante. Los taxones que conforman la taxonomía G1 se especifican en la tabla 5 y los que conforman la taxonomía G2 se especifican en la tabla 6.

Para definir las categorías de G1, se agrupan los cortes según la escala de plano del primer *frame* tras el corte y la variación de ángulo de cámara entre el último *frame* antes del corte y el primero posterior. Esta agrupación tiene un total de 17 categorías.

Tabla 5: Taxonomía para los cortes agrupados en G1.

TAXONOMÍA G1	Nº CORTES				TOTAL	FILMS ÚTILES ^a
	<i>Bonnie & Clyde</i>	<i>The Searchers</i>	<i>Whiplash</i>	<i>On the Waterfront</i>		
Plano medio con variación de $\alpha \geq 30$	13	5	40	13	71	4
Plano medio con variación de $\alpha < 30$	5	0	0	3	8	2
Plano medio en eje	5	2	1	0	8	3
Plano entero con variación de $\alpha \geq 30$	7	1	1	1	10	4
Plano entero con variación de $\alpha < 30$	11	0	0	0	11	1
Plano entero en eje	1	0	0	0	1	1
Primer plano con variación de $\alpha \geq 30$	10	0	56	14	80	3
Primer plano con variación de $\alpha < 30$	15	0	6	5	26	3
Primer plano en eje	1	0	0	1	2	2
Plano general con variación de $\alpha \geq 30$	13	4	4	6	27	4
Plano general con variación de $\alpha < 30$	0	0	0	0	0	0
Plano general en eje	3	1	0	2	6	3
Plano entero <i>unrelated</i>	0	0	0	0	0	0
Plano general <i>unrelated</i>	0	1	0	1	2	2
Plano detalle con variación de $\alpha < 30$	0	0	1	1	2	2
Plano medio <i>unrelated</i>	0	1	0	0	1	1
Plano detalle con variación de $\alpha \geq 30$	0	0	3	0	3	1

Nota. ^aFragmentos fílmicos que contienen cortes del tipo indicado [0,4].

En la tabla 5 podemos observar que no todas las categorías de corte aparecen en todos los films, por lo que en la columna Films Útiles indicamos cuantos films de los analizados contienen cada categoría de cambio de plano. Entre las categorías se han incluido los cortes *unrelated*, que en la mayoría de los casos suponen la entrada del primer *frame* tras los primeros 5 segundos en negro. Los cortes *unrelated*, independientemente de si son el primer fotograma

del clip o están durante el clip, no se utilizan para el estudio ya que nos centramos en el análisis del tipo de cambio de plano *related*.

Por otro lado, se clasifican los cortes teniendo en cuenta la variación en las relaciones espaciales entre el último *frame* del plano anterior y el primero posterior al corte tanto en escala de plano como en ángulo de variación. A esta segunda clasificación la llamamos G2 y tiene un total de 16 categorías como podemos ver en la tabla 6.

Tabla 6: *Taxonomía para los cortes agrupados en G2.*

TAXONOMÍA G2	Nº CORTES				TOTAL	FILMS ÚTILES ^a
	<i>Bonnie & Clyde</i>	<i>The Searchers</i>	<i>Whiplash</i>	<i>On the Waterfront</i>		
Primer plano a primer plano	12	0	51	6	69	3
Plano medio a plano medio	8	3	24	4	39	4
Plano entero a plano entero	5	0	0	0	5	1
Plano general a plano general	1	0	1	1	3	3
Cualquiera a plano detalle	0	0	3	1	4	2
Plano detalle a cualquiera	0	0	3	1	4	2
Cualquiera a primer plano	14	0	11	13	38	3
Cualquiera a plano general	15	6	2	0	23	3
Plano general a primer plano	4	0	0	4	8	2
Primer plano a plano general	4	0	0	3	7	2
Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	16	5	5	0	26	3
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	17	5	3	0	25	3
Alejar escala en eje	4	2	0	0	6	2
Acercar escala en eje	4	1	0	0	5	2
Variación de $\alpha < 30$	31	0	6	9	46	3
Variación de $\alpha \geq 30$	42	10	108	34	194	4

Nota. ^aFragmentos fílmicos que contienen cortes del tipo indicado [0,4].

Por la naturaleza de las agrupaciones, G1 es más independiente al cambio en el corte con respecto al plano anterior que G2, que se determina únicamente por la relación entre el plano anterior y posterior al corte. Como podemos observar en la tabla 5 y la tabla 6, no todas las categorías de corte tienen representación en los 4 films. Para evitar tener resultados sin robustez estadística se descartan todos aquellos tipos de corte contenidos en dos o menos

films. Por lo que se realizará el análisis de resultados para G1 y G2 únicamente en los tipos de corte que aparezcan en 3 o 4 films, aspecto indicado en la columna llamada *Films útiles* en las tablas 5 y 6. En la tabla 7 recogemos los tipos de corte que se van a analizar para cada taxonomía G1 y G2 al aparecer en 3 o 4 de los fragmentos fílmicos seleccionados.

Tabla 7: Tipos de corte analizados pertenecientes a las taxonomías G1 y G2.

TAXONOMÍA G1	<i>Bonnie & Clyde</i>	<i>The Searchers</i>	<i>Whiplash</i>	<i>On the Waterfront</i>
Plano medio con variación de $\alpha \geq 30$	X	X	X	X
Plano medio en eje	X	X	X	
Plano entero con variación de $\alpha \geq 30$	X	X	X	X
Primer plano con variación de $\alpha \geq 30$	X		X	X
Primer plano con variación de $\alpha < 30$	X		X	X
Plano general con variación de $\alpha \geq 30$	X	X	X	X
Plano general en eje	X	X		X
TAXONOMÍA G2	<i>Bonnie & Clyde</i>	<i>The Searchers</i>	<i>Whiplash</i>	<i>On the Waterfront</i>
Primer plano a primer plano	X		X	X
Plano medio a plano medio	X	X	X	X
Plano general a plano general	X		X	X
Cualquiera a primer plano	X		X	X
Cualquiera a plano general	X	X	X	
Primer plano o plano medio a Plano entero o plano general	X	X	X	
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	X	X	X	
Variación de $\alpha < 30$	X	X	X	X
Variación de $\alpha \geq 30$	X	X	X	X

Estas dos taxonomías G1 y G2 servirán para determinar si es posible distinguir patrones de respuesta neuronal diferenciados para cada una de las categorías y así inferir a través del experimento neurocinemático la función articulativa diferenciada de cada tipo específico de cambio de plano por corte.

4.1.3. Estructura del visionado

El visionado que realizarán los espectadores durante el experimento consta de 8 clips audiovisuales extraídos de largometrajes de ficción. Estos 8 clips conforman dos grupos. 4 centrados en la edición por corte y los otros 4 están enfocados en el plano secuencia. Se

añaden 4 fragmentos correspondientes a planos secuencia para estudios posteriores a la tesis doctoral que amplíen el marco analítico del proyecto diseñado, pero no son relevantes para la presente investigación. El sistema de visionado se implementa para que los clips se muestren cruzados, nunca reproduciendo dos seguidos del mismo grupo. También se contempla que el orden de reproducción de los clips audiovisuales dentro de cada grupo debe ser aleatorio. De esta forma si en los usuarios se produjese cansancio podemos tener resultados validos de todos los casos de estudio.

Antes de iniciar el primer clip se muestra una imagen estática blanca con una cruz de fijación en el centro durante 1'30". Esta imagen nos servirá como *baseline* en reposo para controlar el agotamiento de los usuarios y para suavizar el inicio del visionado, evitando comenzar directamente con un clip de video. Posteriormente, antes de cada clip de video aparece una imagen blanca con cruz de fijación, para que el usuario descansa entre clips audiovisuales y como chequeo del estado de cansancio del usuario. La imagen de intermedio tiene una duración de 15". Sabemos si se está produciendo agotamiento por medio de la comparación entre las frecuencias de parpadeo en los momentos de descanso con el *baseline* (Stern, Boyer y Schroeder, 1994). En el desarrollo del experimento se detectan variaciones en las frecuencias de parpadeos, pero no un incremento progresivo que nos indique un aumento de la fatiga significativo en alguno de los espectadores. Cada clip de video, antes de comenzar tiene 5 segundos de imagen en negro con un contador de *frames* que nos servirá para ajustar la sincronía, tal como se define en el anexo 2 sobre la metodología de trabajo con video en *Unity*³⁷. En total la ejecución del experimento dura 37'03", tal como podemos ver desglosado en la tabla 8.

³⁷ *Unity* es un software originariamente diseñado para programación de videojuegos que se utiliza en investigaciones que requieren una interacción hombre-maquina en tiempo real. La versión utilizada es 5.5.1f1, desarrollada por Unity Technologies (Copenhague, Dinamarca).

Tabla 8: Duración del visionado.

Clip	Tiempo	Tipología
<i>Baseline</i>	0:01:30	Cruz de fijación
<i>Bonnie & Clyde</i>	0:03:10	Clip edición
<i>On the Waterfront</i>	0:03:16	Clip edición
<i>The Searchers</i>	0:03:13	Clip edición
<i>Whiplash</i>	0:05:13	Clip edición
<i>Boogie Nights</i>	0:03:53	Clip plano secuencia
<i>Children of Men</i>	0:05:22	Clip plano secuencia
<i>Magnolia</i>	0:03:04	Clip plano secuencia
<i>Touch of Evil</i>	0:05:97	Clip plano secuencia
Negro + contador (x8)	0:00:05	Clip negro con contador
Intermedios (x7)	0:00:15	Cruz de fijación
TOTAL	0:37:03	

Se calcula que desde que entra el usuario a la sala donde se realiza el experimento hasta que sale acaba resultando aproximadamente una media de 1 hora de duración. A este tiempo hay que añadir 15 minutos de intervalo entre usuarios para cerrar la sesión que acaba de terminar y preparar la del siguiente. Por lo que cada experimento se contabiliza con una duración total de 75' donde son 60' los que se requiere al usuario. Recordar, tal como se ha indicado al inicio del apartado, que se visionan 4 clips donde no existen cambios de plano (*Boogie Nights, Children of Men, Magnolia y Touch of Evil*) para realizar investigaciones futuras que se describen en el apartado 7.3.

4.2. Preparación de los datos registrados por el EEG

La finalidad de este proceso es generar una señal modelo a partir de las señales individuales de cada sujeto ante el cambio de plano general y un conjunto de señales modelo para cada categoría de corte en las dos taxonomías descritas previamente, en los que analizar las señales modelo electroencefalográficas en el espacio de frecuencias (*power change*) y así localizar patrones de comportamiento neuronal. Una vez realizado el experimento disponemos para operar de un archivo de texto con formato matricial por cada usuario que ha visionado los

fragmentos fílmicos. Para la gestión de los datos obtenidos mediante el electroencefalograma, primero tratamos la señal registrada por cada electrodo, preparándola para poder realizar en la siguiente fase diversos análisis en el dominio de la frecuencia.

Para poder avanzar a la fase de análisis debemos obtener una señal modelo a partir de todos los usuarios por cada clip audiovisual, que nos permita por un lado poder estudiar todos los cambios de plano agrupados en conjunto sin diferenciar categorías taxonómicas y por otro lado los cortes separados según las clasificaciones taxonómicas G1 y G2. Agrupar todos los cambios de plano independientemente de sus características taxonómicas concretas nos permitirá poder localizar patrones neuronales en respuesta al corte independientemente a la categoría taxonómica a que corresponda. Mientras que tener la señal del *power change* por separando diferenciando los cortes según similitudes taxonómicas nos permitirá también estudiar qué tipo de agrupación taxonómica (G1 o G2) se ajusta más al sistema cognitivo y con ello poder alcanzar el objetivo secundario de localizar patrones neuronales en respuesta a diferentes tipos de corte.

A partir de los registros continuos del electroencefalograma obtenidos de cada participante realizamos un primer filtrado sobre todas las señales, de tal forma que posteriormente podamos obtener las diferentes bandas de frecuencia de interés (Alpha, Beta, Gamma, Delta y Theta), pero eliminando las frecuencias sobrantes que no vamos a utilizar (Buzsaki, 2006; Luck, 2014). Previa a la obtención de la señal modelo a partir de los registros electroencefalográficos del total de participantes es necesario realizar un análisis ICA³⁸ (*independent component analysis*) que nos permite aislar para cada electrodo la señal propia de su zona de registro, descartando interferencias de otras áreas que registramos con diferentes electrodos (Makeig *et al.*, 1996). Así pues, se realiza un análisis ICA y una posterior limpieza

³⁸ El análisis ICA es un proceso computacional que se aplica sobre una señal multivariante en subcomponentes adictivos registrada por varios electrodos para aislar la actividad bioeléctrica propia de cada electrodo.

manual de artefactos en las zonas de interés de las señales registradas. Los artefactos son distorsiones en el registro producidos por ejemplo por los parpadeos o movimientos del usuario. Este procesado de limpieza de artefactos es necesario realizarlo previamente para poder componer una señal modelo a partir de todos los registros realizados sobre los sujetos de estudio, ya que señales con ruido podrían contaminar la señal modelo con distorsiones. La limpieza de artefactos se ejecuta manualmente recorriendo la visualización gráfica de cada señal, sin la utilización de algoritmos que automaticen el proceso para evitar posibles contraindicaciones (Cassani *et al.*, 2014).

Una vez finalizado todo el proceso de limpieza de la señal, se procede a generar una señal modelo de reacción neuronal para cada uno de los fragmentos audiovisuales mostrados. Para ello, dividimos la señal de cada usuario registrada de forma continua en las 4 secciones de interés correspondientes al registro de cada clip audiovisual mostrado, una por cada fragmento audiovisual, eliminando el resto de la señal. Mediante el *toolbox* de *MatLab* *G.bsanalyze*³⁹, a partir de la media entre las señales de cada electrodo en cada fragmento audiovisual registrada el total de sujetos de estudio (Pfurtscheller *et al.*, 2005; Pfurtscheller *et al.*, 2006), generamos una señal modelo de reacción neuronal para cada electrodo en respuesta a cada uno de los fragmentos fílmicos. Es con estas señales modelo generadas a partir del total de registros realizados con las que operamos a partir de este momento. Tras este proceso hemos obtenido un conjunto de señales modelo para cada uno de los 4 clips audiovisuales, conteniendo cada uno de estos 4 conjuntos las señales modelo para cada uno de los 31 electrodos registrados a partir del total de espectadores analizados. Puede verse el esquema del proceso de creación de las señales modelo en la figura 3.

³⁹ *G.bsanalyze* es una *toolbox* para el entorno *MatLab* diseñada por *Guger Technologies Medical Engineering* (Ganz, Austria), para el procesamiento espacio-temporal de datos obtenidos por EEG. Su utilización está ampliamente extendida en investigaciones neurológicas (Lewis *et al.*, 2005; Pfurtscheller *et al.*, 2005; Pfurtscheller *et al.*, 2006; Lackner *et al.*, 2016).

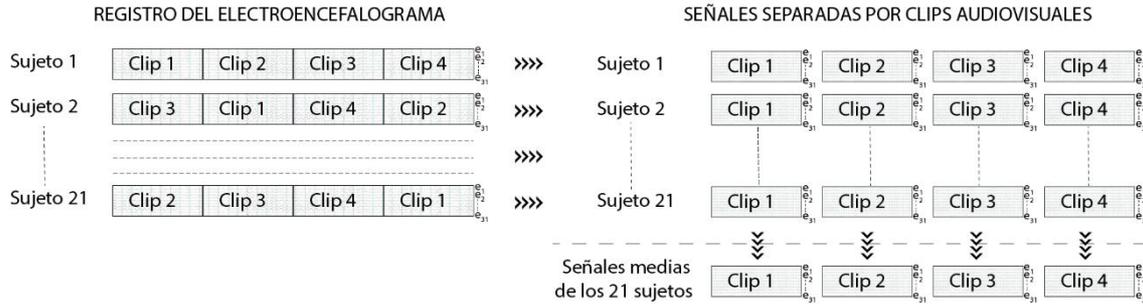


Figura 3. Esquema del registro de la señal.

Dado que las zonas de interés para nuestro estudio son los instantes de corte, tras obtener las señales modelo para cada fragmento fílmico, sólo seleccionamos de cada señal los intervalos temporales de 2000 ms con centro en cada corte desestimando el resto, como podemos ver en la figura 4.

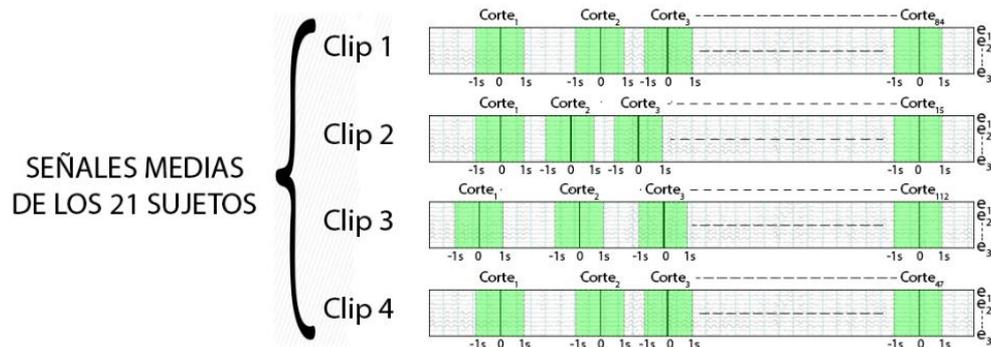


Figura 4. Selección de las regiones de interés de las señales modelo.

Los intervalos de 2 segundos centrados en el corte que en cada fragmento obtenemos son 84 en *Bonnie and Clyde*, 15 en *The Searchers*, 112 en *Whiplash* y 47 en *On the Waterfront*.

4.2.1. Obtención de las señales ASF

De los fragmentos de señal relativos al registro electroencefalográfico para cada corte (figura 4), de nuevo se combinan con G.bsanalyze los pertenecientes a cada fragmento fílmico, obteniendo una señal modelo para cada electrodo ante el corte en cada fragmento fílmico. De esta forma obtenemos para cada fragmento fílmico 31 señales modelo, una por cada electrodo, a las que llamamos en su agrupación por clips audiovisuales ASF (average signal per film). La

obtención de señales modelo ASF a partir de todos los usuarios y los cortes de cada fragmento fílmico mantiene las reacciones comunes, minimizando las específicas de cada participante y las diferencias según el tipo de corte o los aspectos no relacionados con el evento común del cambio de plano. Gracias a este procesado de la señal disponemos para cada electrodo de cuatro señales modelo diferentes de reacción ante el corte, pudiendo así compararlas y descartar lo que no es relativo al corte, como pueden ser características narrativas, estéticas o técnicas propias de cada fragmento fílmico concreto. En la figura 5 puede verse de forma gráfica el esquema de creación de las señales ASF de las señales modelo obtenidas para cada fragmento fílmico a partir de los registros electroencefalográficos del total de sujetos de estudio.

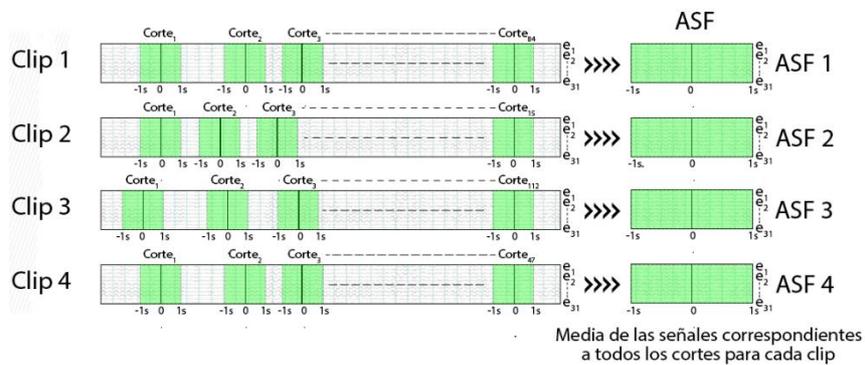


Figura 5. Esquema de la obtención de las señales ASF.

De esta forma obtenemos 4 matrices, relativa cada una a las señales modelo de reacción neuronal ante el corte para cada fragmento audiovisual presentado en la fase de registro electroencefalográfico. Las filas de estas matrices se corresponden a cada electrodo y las columnas al muestreo temporal registrado por el EEG.

4.2.2. Obtención de las señales ASC

Las matrices obtenidas a partir de los diferentes ASF nos útiles para resolver el primer subobjetivo, relativo a localizar los patrones comunes ante el cambio de plano independientemente de la tipología de corte. Sin embargo, necesitamos crear también señales modelo para cada tipo de corte para poder localizar e identificar los patrones de reacción

neuronal dependientes al tipo de cambio de plano concreto. Para ello vamos a generar las señales ASC (*average signal per cut*) de forma similar al ASF. A partir los intervalos temporales de 2 segundos alrededor de cada corte en la señal modelo creada por la conjunción de todos los usuarios (Figura 5), clasificamos los cortes según el tipo de cambio de plano al que corresponden por separado para cada fragmento audiovisual. A partir de estas agrupaciones obtenemos señales modelo para cada electrodo en cada tipo de corte mediante G.bsanalyze para cada fragmento audiovisual. De esta forma, en lugar de combinar todos los cortes generando un único modelo como realizamos para el ASF, generamos para cada clip señales modelo específicas de cada tipo de corte. En la figura 6 podemos ver la representación gráfica de este proceso.

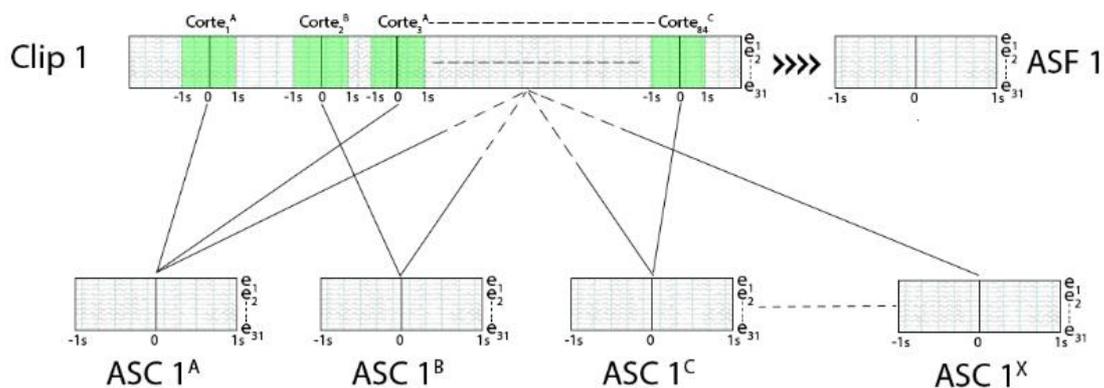


Figura 6. Esquema del registro de la señal y la obtención de las señales ASC.

Como desglosamos los cortes según dos tipos de agrupación distintas, realizamos los ASC siguiendo la clasificación de G1 y de G2. Por lo tanto, tenemos un conjunto de ASC para G1 y otro conjunto de ASC para G2. Los ASC solo se obtienen para los casos donde un mismo tipo de corte aparezca en tres o cuatro de los clips que se han presentado al usuario. Por lo tanto, obtenemos 24 señales modelo ASC distribuidas en las 17 categorías de G1 y 29 señales modelos ASC distribuidas en las 16 categorías de G2. En la tabla 9 se indica

concretamente cuales son las categorías que utilizaremos para las comparaciones y cuantos modelos ASC contiene cada categoría.

Tabla 9: *Categorías taxonómicas de las que se van a obtener señales modelo ASC.*

Taxonomía G2	Señales modelo ASC
Primer plano a primer plano	3
Plano medio a plano medio	4
Plano general a plano general	3
Cualquiera a primer plano	3
Cualquiera a plano general	3
Primer plano o plano medio a Plano entero o plano general	3
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	3
Variación de $\alpha < 30$	3
Variación de $\alpha \geq 30$	4
Taxonomía G1	Señales modelo ASC
Plano medio con variación de $\alpha \geq 30$	4
Plano medio en eje	3
Plano entero con variación de $\alpha \geq 30$	4
Primer plano con variación de $\alpha \geq 30$	3
Primer plano con variación de $\alpha < 30$	3
Plano general con variación de $\alpha \geq 30$	4
Plano general en eje	3

El número de señales modelo ASC depende del número de films que contienen la categoría concreta de corte, información que se recoge en la columna Films Útiles de la tabla 5 y la tabla 6.

4.3. Búsqueda de patrones de reacción neuronal comunes a todo tipo de corte

Para localización los patrones de reacción neuronal que se producen como consecuencia de todo tipo de corte recurrimos a las matrices ASF obtenidas. Para lograrlo compararemos las señales de cada uno de los electrodos con sus equivalentes en la misma banda de frecuencia, pero pertenecientes a otros fragmentos audiovisuales. Por medio de esas comparaciones lograremos identificar aquellas reacciones neuronales que se muestran como comunes ante el

evento del cambio de plano por corte en las cuatro señales modelo de corte obtenidas de los diferentes fragmentos audiovisuales mostrados durante el registro del EEG.

Dado que diseñamos el experimento con fragmentos fílmicos reales, extraídos de películas destinadas para el consumo del espectador cinematográfico, existen además de los cambios de plano por corte una gran diversidad de estímulos no controlados, consecuencia del visionado de los clips audiovisuales, que dificultan la identificación aislada de las reacciones neuronales objeto de estudio. Para determinar qué respuestas están específicamente asociadas al corte, el único evento común en todas las señales estudiadas, analizamos las correlaciones entre el *power change* de un electrodo concreto durante un mismo periodo de tiempo y en la misma banda de frecuencia para cada posible combinación entre los 4 ASF. Esta metodología sigue la idea propuesta por Lachaux, Chavez y Lutz (2003), con la diferencia que su investigación busca localizar la correlación entre diferentes bandas de frecuencia ante el mismo estímulo mientras que nosotros estamos interesados en buscar la correlación en una misma banda de frecuencia, aislando la reacción desencadenada por el estímulo concreto a estudiar. Así pues, para localizar dentro del segundo posterior al corte sólo aquellas reacciones susceptibles de ser asociadas al evento común del cambio de plano, buscamos aquellos intervalos temporales donde se producen correlaciones entre todas las combinaciones por pares posibles entre las cuatro señales ASF para un mismo electrodo en una misma banda de frecuencia.

La comparativa entre señales registradas por un mismo electrodo en una misma banda de frecuencia ante eventos similares para determinar la significancia de la respuesta neuronal en el *power change* es recurrente en investigaciones neurocinemáticas (Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016). La diferencia entre nuestro planteamiento y los referidos está en que estos estudios previos realizan este análisis por medio de metodologías ANOVA (*analysis of variance*) para localizar las diferencias. Mientras que en nuestro caso queremos localizar las

similitudes, por lo que recurrimos a metodologías de comparación que detectan estructuras de dependencia y correlaciones entre las muestras comparadas (Maris y Oostenveld, 2007; Singh, Pineda y Cadenhead, 2011). Otra variación que añadimos con respecto a los trabajos referidos es que queremos obtener un resultado en continuidad temporal en lugar de establecer periodos de tiempo estancos, por lo que todos los análisis se realizan con ventanas temporales deslizantes (Li, Xu y Luo, 2016).

La dependencia entre diferentes señales ASF es condición necesaria para poder asumir que un determinado electrodo en una banda de frecuencia concreta representa una respuesta neuronal consecuencia del evento de corte, pero no suficiente para determinar la existencia de una variación que además sea significativa en la actividad neuronal consecuencia del cambio de plano. Para considerar que es así, es necesario que además de producirse dicha correlación entre dos señales, estas contengan una variación significativa en el *power change*, indicando que se está produciendo una sincronización o desincronización en los ritmos neuronales (ERD/ERS). Este segundo proceso descarta aquellas correlaciones que no están asociadas a una variación significativa del *power change*, sino que representan estados con poca variación en los ritmos neuronales del registro. El resultado de estos dos procesos, la búsqueda de intervalos en los que se produzca una correlación y dependencia en las reacciones y a la vez refleje una variación significativa del *power change* analizando las pendientes, permite localizar modulaciones en los ritmos neuronales dando lugar a la detección de un conjunto de intervalos de tiempo en cada electrodo y banda de frecuencia con respuestas comunes y significativas en el ERD/ERS para los 4 ASF que podemos atribuir al evento del corte.

En adición con todo lo expuesto, puede darse la situación de que los patrones neuronales localizados en el análisis ERD/ERS se produzcan de forma sincrónica correlacionados ya sea en forma positiva o negativa, entre diferentes bandas de frecuencia y/o electrodos. Esta relación entre electrodos y/o bandas de frecuencia también se considera un

patrón de comportamiento, por lo que también se opera para su localización. Este tipo de relaciones indica zonas neuronales que tiene comportamiento similar y suponen áreas más amplias que las registradas por un solo electrodo (Koessler *et al.*, 2009). También podemos detectar mediante este tipo de relaciones comportamientos inversos en diferentes bandas de frecuencia, relacionados con los balanceos de excitación e inhibición ampliamente estudiados por ejemplo para reconocer procesos relacionados con la memorización (Klimesch *et al.*, 1997a; Klimesch *et al.*, 1997b).

El objetivo de este procesado de la señal tras el corte es permitirnos identificar aquellos intervalos de tiempo susceptibles de ser respuestas neuronales consecuencia de la visualización del cambio de plano por corte. El resultado que obtenemos al final de la aplicación de la metodología será la localización de las ventanas temporales, los electrodos y las bandas de frecuencia que nos permitirá detectar con precisión las respuestas neuronales significativas desencadenadas por el evento del corte.

4.4. Búsqueda de patrones de reacción neuronal dependientes del tipo de corte

En esta fase de la metodología planificamos cómo analizar los datos obtenidos en los ASC. Los procesos comparativos entre el *power change* de los diferentes tipos de corte representados por sus ASC correspondientes nos permitirán detectar las diferencias existentes entre los distintos tipos de corte. Gracias a esta fase metodológica logramos localizar e identificar aquellas variaciones en las respuestas neurológicas que, pudiendo ser atribuidas al cambio de plano, se producen de forma diferenciada dependiendo del tipo de corte que se produzca.

Para poder localizar e identificar las variaciones en la reacción neuronal debidas a las características específicas del tipo de corte observado por el espectador, la metodología más efectiva es el análisis de varianza entre los valores del *power change* en los diferentes ASC. Detectar y cuantificar las diferencias entre reacciones neuronales en el *power change* ante un

conjunto de eventos de naturaleza similar por medio del análisis de varianza es un procedimiento común en experimentos neurocinemáticos (Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016).

Sin embargo, a pesar de tener unas condiciones similares, el material audiovisual que utilizamos en el experimento ha sido diseñado para el consumo y no para realizar pruebas específicas en experimentos de laboratorio. Preferimos utilizar fragmentos extraídos de films ya existentes tal como utilizan en algunos experimentos previos (Krause *et al.*, 2000; Hasson *et al.*, 2008), por lo que contiene una gran cantidad de variables no dependientes al corte. Esto da como resultado que un análisis de varianza aplicado directamente entre los diferentes valores de *power change* de los ASC procedentes de diferentes clips audiovisuales va a indicarnos que existen múltiples diferencias, pero no todas van a ser relativas al corte. Por ello necesitamos limitar el análisis de varianza a las partes de la respuesta neuronal que tengamos certeza sean consecuencia del cambio de plano por corte. Debido a las características del experimento, aplicamos el análisis de varianza entre el *power change* de los diferentes ASC de los diferentes films únicamente en los instantes donde se detecte una dependencia y correlación en la respuesta neuronal entre 4 films de los ASF para el mismo instante temporal, electrodo y banda de frecuencia. De esta forma podemos localizar y definir las variaciones en la reacción neuronal entre los diferentes tipos de corte estando seguros de que efectivamente la reacción es desencadenada por el corte. Para ello recurriremos a los resultados calculados en la detección de patrones de reacción neuronal comunes a todo tipo de corte (4.3).

De la misma forma que hemos operado para localizar los patrones neuronales comunes a todo tipo de corte, para localizar los patrones específicos de cada tipo de corte aplicamos el análisis comparativo entre los mismos electrodos en la misma banda de frecuencia y ventana temporal. Realizamos este análisis a través de ventanas temporales deslizantes de 6 muestras para su estudio, obteniendo resultados en continuidad temporal y así evitando segmentaciones temporales estancas. Al haber definido dos formas de clasificar el corte,

realizamos el mismo proceso aplicado a la comparación entre las categorías de cortes definidas en G1 y a la comparación entre las categorías establecidas en G2. Un primer análisis de resultados permite discernir qué tipo de agrupación se ajusta más al sistema cognitivo y poder definir qué base teórica de clasificación taxonómica del corte es más acertada. Una vez definido si G1 o G2 es más acertado, en su análisis específico podemos obtener conclusiones identificando y localizando patrones neuronales desencadenados como reacción ante el tipo específico de cambio de plano. Para localizar los patrones de reacción neuronal dependientes al tipo de corte tenemos que realizar dos pasos:

- a) Un primer paso localizando qué electrodos, durante qué ventana temporal y para qué frecuencia muestran una reacción dependiente del evento de corte y posteriormente una cuantificación de si esta reacción neuronal muestra diferencias entre los tipos de corte específicos. Por ello, para el primer paso, recurrimos al test de permutaciones y correlación de Spearman sobre los ASF que ya hemos definido anteriormente (4.3).
- b) Un segundo paso a partir de los ASC, en el que recurriremos al análisis de varianza Kruskal-Wallis (KWANOVA) y el método de comparación múltiple *post hoc* Tukey-Kramer, también llamado HSD (*honest significance test*). Las ventanas deslizantes que utilizamos serán de 6 muestras consecutivas del *power change*, abarcando rangos temporales de 375 ms. A pesar de que algunos estudios neurocinemáticos previos que también utilizan análisis de varianza ejecutan el análisis sobre periodos temporales más extensos (Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016), existen precedentes en estudios neurológicos que aplican análisis de varianza en intervalos temporales similares a los que nosotros proponemos, e incluso más breves (Aftanas *et al.*, 2001). En nuestro caso la búsqueda de reacciones al proceso de corte impone

decantarnos por esta segunda opción y seleccionar intervalos de 375 ms en las ventanas temporales deslizantes atendiendo a la literatura neurológica previa que trata procesos de codificación y decodificación, ya que describe tiempos de reacción muy breves (Yano, Suzuki y Koizumi, 2018; Liebenthal y Möttönen, 2017).

La metodología estadística de análisis de varianza Kruskal-Wallis tomando como condición de comparación la categoría taxonómica del tipo de corte, junto con el método *post hoc* de comparación múltiple Tukey-Kramer nos permite comparar entre las diferentes categorías taxonómicas de corte y localizar los electrodos por banda de frecuencia que están reaccionando de forma diferente ante el evento del cambio de plano en una ventana temporal concreta. Esta metodología nos permite conseguir el segundo objetivo secundario de localizar y determinar patrones de reacción neuronal desencadenados por el cambio de plano específicos según la tipología del corte. Debido a esto, la metodología la aplicamos sobre los cortes agrupados según las características taxonómicas definidas para clasificar el cambio de plano, es decir, para G1 y para G2, aplicándola por separado para los cortes de cada agrupación. Operar por separado G1 y G2 sirve para poder resolver la necesidad de decidir qué tipo de agrupación se adecúa más al sistema cognitivo.

Tal como muestra Heimann y su equipo (2014) aplicando la metodología ANOVA para poder comparar diferentes formas de acercar la cámara, esta metodología estadística nos permite detectar diferencias ante un evento fílmico de similares características, pero con variaciones en su naturaleza. En nuestro caso utilizamos la metodología de análisis de varianza Kruskal-Wallis al considerarla adecuada por no asumir normalidad en la muestra, y posteriormente aplicamos el método *post hoc* Tukey-Kramer. El análisis de varianza Kruskal-Wallis no realiza la comparación por pares como el test de permutaciones o Spearman, sino que compara por condiciones de comparación. Esto permite que comparemos varios grupos de

señales entre ellas, siendo cada grupo el conjunto de cortes de cada tipo concreto en los diferentes films que lo contienen.

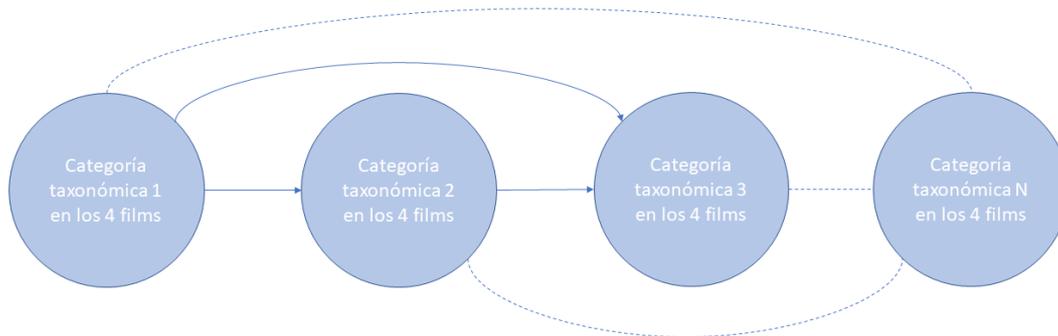


Figura 7. Comparación entre categorías taxonómicas de cambio de plano por corte.

Tal como hemos descrito en el apartado anterior, una vez obtenidos los resultados también procederemos a comparar los diferentes electrodos en las diferentes bandas frecuencia, para localizar si existen patrones de comportamiento correlacionado ya sea de forma positiva o negativa, buscando localizar regiones del cerebro donde varios electrodos muestren comportamiento sincrónico y también buscando localizar diferentes bandas de frecuencia donde los comportamientos de inhibición y excitación estén relacionados.

4.5. Estudio del ERD/ERS de las ventanas temporales identificadas como relacionadas al evento del corte

Una vez localizadas las ventanas temporales en cada electrodo y banda de frecuencia donde se produce una reacción neuronal relacionada con el evento del corte, procedemos a analizar su ERD/ERS a partir del *power change* registrado. El análisis ERD/ERS se basa en la detección de variaciones en la actividad neuronal en relación con un estado de no reacción ante el evento (*baseline*) para poder realizar una observación en términos relativos a un estado anterior al cambio. Al realizar el análisis ERD/ERS conocemos y cuantificamos el incremento en la activación (sincronización) o inhibición (desincronización) de neuronas registradas por un electrodo para una banda de frecuencia en cada film en términos porcentuales con respecto a

un estado de no reacción ante el evento a estudiar. Esta representación en términos relativos del *power change* nos resulta útil para identificar cual es el comportamiento neuronal relacionado con el sistema cognitivo y motor obtenido en los resultados (Pfurtscheller, 2001).

Para determinar el estado de no reacción ante el evento a estudiar o *baseline* se puede utilizar un estadio previo al cambio (Martín-Pascual, 2016) o un estado de reposo (Heimann *et al.*, 2016). La definición del *baseline* es de gran importancia en el estudio del ERD/ERS ya que todo resultado va a ser relativo a su definición (Tangwiriyasakul *et al.*, 2013). Para cuantificar la variación del *power change* que se produce en un electrodo en una determinada banda de frecuencia lo haremos respecto al valor de su *power change* previo al instante del corte, obteniendo así el ERD/ERS (Martín-Pascual, 2016). En nuestro caso tomamos el segundo previo al corte como *baseline* ya que al estar interesados en analizar la articulación que se produce entre dos planos unidos por medio del corte resulta más interesante analizar la variación por el cambio de plano en el continuo temporal del film que ante un estado de reposo neutro ajeno al film, como podría ser el que registramos cuando los participantes en el experimento visionan las cruces de fijación antes de los clips audiovisuales. Por tanto, para cada electrodo en cada banda de frecuencia se establecerá el valor del *baseline* respecto al que calcular el ERD/ERS como el valor promedio de la señal en el segundo previo al instante de corte. Para obtener el valor del ERD/ERS utilizamos la ecuación 1 (Klimesch *et al.*, 1996; Doppelmayr *et al.*, 1998):

$$ERD = \frac{Baseline - Test}{Baseline} \times 100 \quad (1)$$

Aplicando la ecuación 1 obtenemos el ERD/ERS en tanto por ciento, correspondiéndose los procesos de desincronización (ERD) para los valores positivos resultantes de esta operación y de sincronización a los valores negativos (ERS). Este sistema de referencia nos permite entender la evolución de los ritmos neuronales en el espectador ante

el cambio de plano por corte. En la figura 8 podemos ver un ejemplo de análisis ERD/ERS para los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Fz en la banda de frecuencia Alpha en el modelo de agrupación ASF.

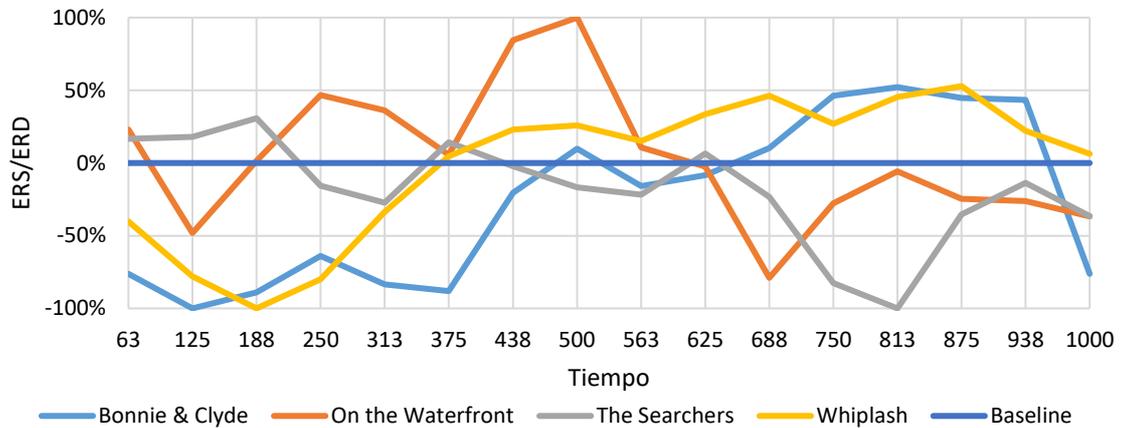


Figura 8. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Fz en la banda de frecuencia Alpha para ASF.

Tras la descripción de la metodología, procedemos a su aplicación y al análisis de los resultados obtenidos mediante a ella. Gracias al planteamiento metodológico obtenemos tanto una visión global de los procesos neuronales desencadenados tras el cambio de plano por corte, como conocimiento detallado de la distribución de los resultados en el mapa cortical, periodos temporales y bandas de frecuencia en las que se detectan, así como posibles agrupaciones o tendencias y cuáles son las reacciones desencadenadas más significativas.

4.6. Esquema de la metodología de investigación

Una vez definidos y desarrollados todo el diseño metodológico de la investigación, procedemos a referirlo en la figura 9 a través de un esquema que facilita la comprensión de todos los pasos que se van a seguir para obtener unos resultados que nos permitan alcanzar los objetivos secundarios y el objetivo principal de la investigación.

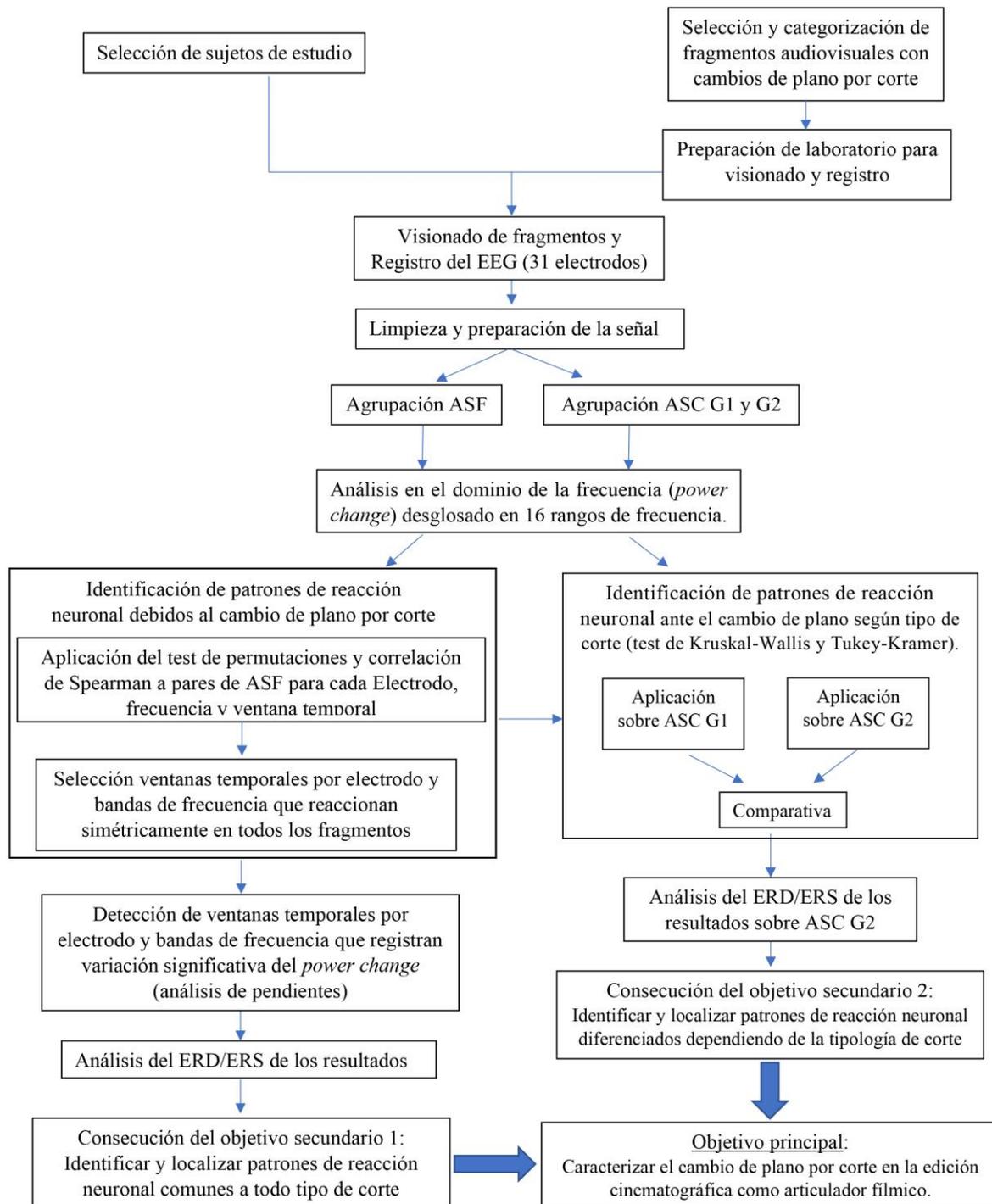


Figura 9: Esquema de la metodología de investigación.

La figura 9 facilita la comprensión del procedimiento experimental que se va a ejecutar en la investigación, permitiéndonos observar las relaciones y el flujo de datos y procesos que vamos a seguir.

5. Desarrollo experimental y obtención de resultados

La preparación y ejecución del experimento para la obtención de los registros electroencefalográficos de espectadores viendo fragmentos fílmicos que contuviesen cambios de plano por corte se realizó en el laboratorio *Augmented Cognition Lab*, del que dispone la Aalborg University en su sede *Technical Faculty of IT and Design* localizada en Copenhague. La estancia de investigación se realizó entre el 3 de abril y el 29 de mayo de 2017, realizándose los experimentos entre el 18 y el 29 de mayo. El experimento consistió en el registro de las respuestas neuronales relacionadas con la cognición en 21 espectadores cinematográficos ante 4 fragmentos audiovisuales extraídos de films comercializados que contienen cambios de plano por corte. Para el registro de la actividad neuronal se recurrió al electroencefalograma. Posteriormente se realizó otra estancia entre el 21 de febrero y el 13 de abril de 2018 que se dedicó al tratamiento de la señal electroencefalográfica registrada y a su análisis.

En este proceso de desarrollo experimental se ajustó el sistema *Unity* para evitar posibles errores (anexo 2), se preparó el laboratorio para la ejecución del experimento, tanto a nivel físico en la disposición de los elementos necesarios (5.1) como el software y hardware necesario para ejecutar el registro electroencefalográfico (5.3). Para conseguir usuarios que estuviesen dispuestos a realizar el visionado registrando su actividad neuronal se recurrió a estudiantes de la propia facultad (5.2).

Una vez registrada la señal electroencefalográfica se procedió a su tratamiento para poder trabajar las señales ASF y ASC en el dominio de la frecuencia obteniendo (5.4). Una vez obtenidas las señales ASF y ASC se realizó el análisis que nos permitió cumplir los objetivos secundarios de identificar y localizar patrones de reacción neuronal comunes a todo tipo de corte (5.5) y de identificar y localizar patrones de reacción neuronal diferenciados dependiendo de la tipología de corte (5.6). Por último, se buscaron las relaciones entre diferentes electrodos

y bandas de frecuencia ante el evento del corte (5.7), procedimiento mediante el cual obtenemos información relevante para los dos objetivos secundarios.

5.1. Disposición del laboratorio

La disposición de la zona experimental resulta de gran importancia, teniendo que cuidar su disposición para crear las mejores condiciones posibles para el experimento y asegurar la minimización de factores externos que puedan condicionar a los usuarios. Por ello, es importante describir la disposición del laboratorio y como se adaptó a las necesidades concretas del experimento (Martín-Pascual, 2016; Smith, 2005). El laboratorio en el que se realizaron los experimentos se divide en tres zonas principales. Una de ellas es donde a los participantes se les informa de las condiciones de participación y firman un permiso (anexo 3), otra reservada para el investigador, desde donde poder controlar y monitorizar la sesión, y una tercera en la que se sienta el participante y realiza el experimento. La monitorización del experimento se realiza en el lateral izquierdo a una distancia de 2m del usuario, fuera de su campo de visión. Podemos ver imágenes de la disposición del laboratorio en las figuras 10 y 11.



Figura 10. Disposición de la zona de visionado del laboratorio.



Figura 11. Disposición de la zona de control en el laboratorio.

La zona de experimentación consta de una mesa de 120x70 cm y una altura de 70 cm. Sobre la mesa hay un monitor y dos altavoces. La pantalla es de 69 cm de diagonal y su centro está a una altura de 35 cm desde la mesa. La ventana de reproducción del video tiene una

diagonal de 58 cm, lo que significa 22,8 pulgadas. La figura 12 nos indica que para ese tamaño en 480p de resolución del clip audiovisual tenemos que estar a una distancia de 2,4 m, pero eso nos reduce mucho el ángulo de visión y la sensación de inmersión.

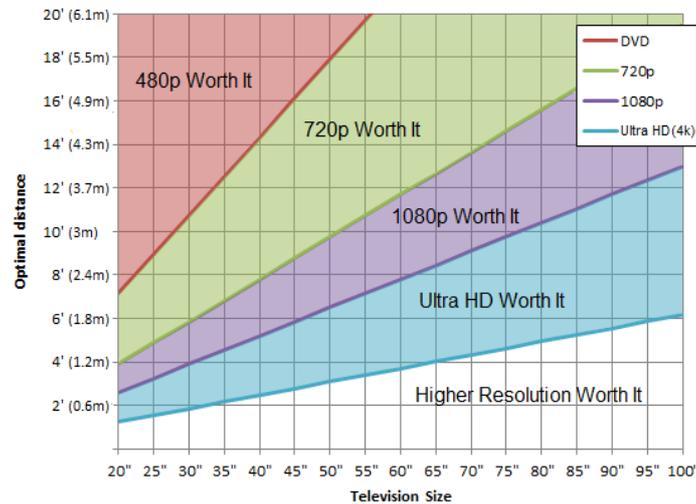


Figura 12. Relación entre distancia, resolución y tamaño de la pantalla para un óptimo visionado.
Fuente: <https://mediatrends.es/a/97669/donde-colocar-tv/>

Teniendo en cuenta el ángulo de visión para una experiencia inmersiva, THX⁴⁰ (THX, 2017) recomienda 40° y SMPTE⁴¹ (SMPTE, 2017) 30°. Si tomamos la recomendación SMPTE la distancia ideal es de 58x1,6 (92,8 cm) y según THX 58x1,2 (69,6 cm). Por su lado, el fabricante del monitor (Samsung, 2017) recomienda como distancia ideal 60 cm. Escogemos una distancia a la cual el espectador tenga un ángulo de visión cercano a 30° al permitirle estar más alejado y con mayor comodidad, pero sin perder una sensación inmersiva, por lo que el usuario está sentado a 70 cm de la pantalla.

Se coloca una cámara para tener registro visual del experimento en el caso de detectar alguna anomalía. La cámara se coloca a 45° del sujeto a una altura de 1 m sobre un trípode

⁴⁰ THX es una compañía con sede en San Francisco (U.S.A.) dedicada a desarrollar estándares de calidad de audio y video de alta fidelidad.

⁴¹ SMPTE son las siglas de Society of Motion Picture and Television Engineers. Asociación estadounidense dedicada a desarrollar estándares para la industria del entretenimiento.

Mamfrotto 055Prob. La cámara es el modelo Panasonic HC-V700 conectada a la red eléctrica y se dispone de una Canon Legria HF R16 de repuesto. Esta altura y angulación permiten que la colocación de la cámara no interfiera con la iluminación haciendo sombras y que tampoco sea un punto de atención en el campo de visión del usuario. Se dispone de 2 tarjetas SD Transcend SdHc de 32Gb para almacenar el vídeo capturado. La cámara se ajusta para cada usuario con la finalidad de obtener un encuadre de un primer plano cerrado de rostro entero de cada usuario, dejando un pequeño margen por si se mueve durante el experimento. En la figura 14 puede apreciarse la iluminación diseñada para la realización del experimento.

La silla tiene una altura poplítea (A) de 45 cm, altura de codo de reposo 32 cm (C), altura de hombro de 38 cm (D) y una longitud nalga-poplítea (B) de 47cm. Si la altura media de una persona sentada normal (E) es de 80 cm, significa que los ojos están a 75 cm. Es decir, a $75+45=120$ cm. El centro de la pantalla por su parte se encuentra a 105 cm de altura.



Figura 13. Clasificación de las partes de un asiento estándar.

Fuente: <http://beatcollection.com/blog/medidas-adecuadas-para-el-diseno-de-sillas-ergonomicas/>



Figura 14. Disposición del laboratorio.

Para crear una iluminación confortable que no desvíe la atención de la pantalla se dispone de un kit de focos Dedolight SPS5 Portable Studio. Del kit de iluminación se utilizan 2 difusores (un *softbox* y un *minisoftbox*) y 2 fuentes de luz DLH1x150S Softlight Luminaires con *dimer* y su correspondiente trípode. Los trípodes de ambos están a una altura de 1,75 m. Con respecto al usuario se coloca uno a cada lado, a una distancia de 1,37 m el de la derecha

con el *minisoftbox* y 1,8 m el de la izquierda con el *softbox*. El foco de la izquierda se rebota contra la pared con un ángulo de 30° y el de la derecha de 45°. Ambos tienen el *dimer* a mitad de potencia, resultando una iluminación no agresiva a los ojos del usuario. Esta disposición deja las fuentes de luz fuera del campo de visión, al mismo tiempo que producen una luz sin crear zonas brillantes en la pared ni rebotes intensos que puedan distraer la atención del usuario.

5.2. Selección de usuarios

Para la ejecución del experimento se plantea como objetivo conseguir 22 usuarios, esperando tener una muestra final útil por encima de los 15. Finalmente se consiguen los 22 usuarios y solamente los registros de 1 usuario se descartaron. Se considera una cantidad de usuarios adecuada para realizar el experimento teniendo en cuenta la literatura previa (Heimann *et al.*, 2014; Hasson *et al.*, 2008; Freeman, 2006; Krause *et al.*, 2000; Martín-Pascual, 2016). Además, resulta representativo en los estudios de Hasson y su equipo (2008) y de Smith (2005) que la respuesta ocular y neuronal de diferentes espectadores es muy similar ante el visionado del mismo fragmento fílmico. Debido a esto, 21 casos de estudio se podrían considerar, según la literatura previa y los estudios similares citados, un volumen de muestreo adecuado. En la literatura previa solo aparecen diferencias importantes con respecto al sujeto medio en los resultados obtenidos de participantes con trastornos, como puede comprobarse en comparativas del tracking ocular en sujetos de estudio con diferentes trastornos (Riby y Hancock, 2009). Para ello se seleccionaron usuarios que no reporten ningún desorden neurológico, problema psicológico o estén bajo medicación (Estaban, 1999; Mackintosh, Kumar y Kitamura, 1983). También se pide a los usuarios que no tomen sustancias excitantes como café, o depresoras como bebidas alcohólicas que puedan modificar la cognición (Colzato, van den Wildenberg y Hommel, 2008; Costa y Bauer, 1997; Andrews, Blumenthal y Flaten, 1998). Los sujetos que se presentaron voluntarios formaban parte del entorno de la universidad de Alborg, siendo en su mayoría

estudiantes de grado, máster o doctorandos. Fueron informados de las características del estudio sin llegar a especificaciones que pudiesen condicionar su percepción y otorgaron su consentimiento por escrito para la toma de datos y su utilización anónima sin ánimo de lucro.

Para conseguir el número de participantes deseado, se realizó un llamamiento en el entorno de la sede de Copenhague de la universidad de Aalborg, por lo que el perfil de usuario se presuponía el de estudiante de grado, master, doctorando o profesor universitario. Además, se esperaba que su formación y/o profesión probable tuviese relación con arquitectura, antropología, *medialogía*⁴² o música, ya que son las especialidades que se imparten en el centro donde se realizaron los experimentos. Para incentivar la asistencia se ofreció a los voluntarios vales por valor de 100 Coronas danesas, que podían canjear en una cadena de cines danesa por una entrada o su valor en palomitas y refrescos. Una semana antes del inicio del experimento se anunció por medio de un e-mail genérico para todos los alumnos de la Universidad de Aalborg. También se envió un mail personalizado a profesores e investigadores relacionados con la universidad de Aalborg que estuviesen interesados en el área de estudio, pidiendo que informasen a sus alumnos y nos facilitasen posibles participantes. Para poder organizar el evento se hizo un *doodle* donde los usuarios podían anotar el día y hora que más les interesase participar dentro del rango horario preestablecido para la ejecución de esta parte del proceso.

5.3. Registro neurológico del EEG

El registro neurológico del EEG se realiza sobre 22 voluntarios utilizando 31 electrodos distribuidos sobre el cuero cabelludo y otro electrodo situado sobre el músculo orbicular del ojo izquierdo. El registro se ejecutó mientras los sujetos visionan los fragmentos de películas seleccionados. Los dispositivos para amplificar la señal a registrar fueron g.Tec g.Gammabox⁴³

⁴² Estudios centrados en comprender la ciencia y tecnología relacionada con el *digital media*.

⁴³ Amplificador de la señal procedente de los electrodos diseñado por *Guger Technologies Medical Engineering* (Ganz, Austria).

y g.Tec g.USB Amp⁴⁴, ambos de 16 canales cada uno (Wulff-Abramsson y Bruni, 2017). La conexión de un dispositivo de maestro y otro de esclavo permite una suma de 32 canales. El muestreo del electroencefalograma se tomó a 256 SPS⁴⁵ y los 32 canales del registro se corresponden a los 32 electrodos utilizados. 31 canales se dedican a diferentes áreas cerebrales y otro aparte se utiliza para registrar el parpadeo a modo de electrooculograma (EOG) cerca del ojo izquierdo en el músculo Orbicular junto al Rafé lateral. La colocación de los electrodos distribuidos en el cuero cabelludo sigue posiciones definidas por la convención internacional de la *American Electroencephalographic Society* como sistema 10-20 para EEG-MNC (American Electroencephalographic Society, 1991). El canal del electrooculograma se toma con vistas a una posible investigación futura, por lo que se registra, pero en la presente tesis doctoral no se toma en consideración. El electrodo localizado en FP1⁴⁶ es el seleccionado para referenciar los registros del resto de electrodos (Siuly, Li y Zhang, 2016). Los 31 electrodos que se tienen en consideración se distribuyen de la manera siguiente:

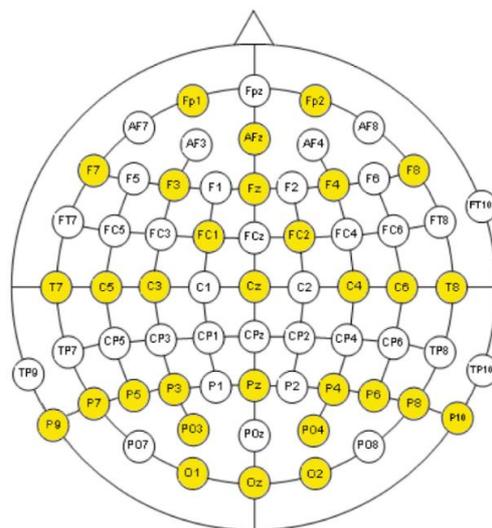


Figura 15. Distribución de los electrodos mostrado en un mapeado craneal siguiendo el sistema internacional 10-20 para EEG-MNC.⁴⁷

⁴⁴ Amplificador que conecta el g.Tec g.Gammabox con el ordenador diseñado por *Guger Technologies Medical Engineering* (Ganz, Austria).

⁴⁵ El muestreo registrado por el electroencefalograma o *sampling rate* se mide en muestras por segundo. Esta medición se indica como SPS (*samples per second*).

⁴⁶ Zona neuronal del córtex frontoparietal izquierda. Ver figura 15.

⁴⁷ Nomenclaturas según la *Modified Combinatorial Nomenclature*: Fp= Frontopolar, Af= Anterior-frontal, F= Frontal, Fc= Fronto-central, C= Central, T= Temporal, P= Parietal, PO= Parieto-occipital, O= Occipital.

La realización de los registros del electroencefalograma se realizó entre el 18 y el 29 de mayo de 2017. Los datos se recogen en tiempo real mientras cada usuario visiona los fragmentos fínicos presentados. La reproducción de los clips de video se ejecuta en *Unity*, mientras el registro del electroencefalograma se realiza con *MatLab*. Por cuestiones operativas *Unity* y *MatLab* se ejecutan en diferentes ordenadores sincronizados. Para ello, la información se envía en tiempo real desde el ordenador principal al secundario a través del *User Datagram Protocol Network*⁴⁸ (UDP). Este sistema nos permite coordinar *Unity* con *MatLab*, permitiéndonos registrar todos los diferentes elementos por separado, pero con indicadores de sincronía. De esta forma podemos tener comunicación sincronizada entre el ordenador principal ejecutando *Unity* y el secundario donde se controla el electroencefalograma a través de *MatLab*.

Durante la ejecución del experimento, *Unity* es el encargado de reproducir los clips de video. En el anexo 2 se explica la metodología seguida para trabajar con *Unity* y video de forma fiable y robusta, así como la configuración de los archivos de video. Se programa *Unity* para realizar marcas de sincronía en los cambios de plano sobre un contador temporal y se envía esta información a *MatLab*. Las marcas de corte que señala *Unity* están clasificadas según su categoría taxonómica y se registran de forma codificada siguiendo el análisis fílmico del corte realizado sobre los clips (anexo 1). De esta forma podemos localizar, analizar y agrupar las señalizaciones realizadas según las taxonomías de corte.

Mientras se reproducen los clips audiovisuales, en paralelo se crea un registro de la señal captada por cada electrodo a través del entorno *MatLab Simulink*⁴⁹. El registro

⁴⁸ Protocolo de transporte de información en red basado en datagramas que contienen cabeceras con suficiente información como para evitar problemas de retardo.

⁴⁹ *Simulink* es una aplicación del entorno *MatLab* que permite la simulación de modelos o sistemas por medio de diagramas de bloques. Por medio de *Simulink* se realiza un primer procesado y filtrado de la señal.

electroencefalográfico de *MatLab* se añade a la información generada en *Unity* dando lugar a un archivo de texto donde la señal del EEG está en sincronía con los indicadores de corte de los clips de video. El registro generado por el sistema diseñado es un archivo de texto con formato matricial. En esta matriz cada fila representa un tipo de información registrada en tiempo real y cada columna corresponde a un valor temporal, que se corresponde con la frecuencia de 256 muestras por segundo del electroencefalograma. Se dedican 32 filas para registrar por separado los datos obtenidos de cada electrodo y el resto de filas están dedicadas a información relacionada con los marcadores de tipologías de corte y un contador temporal.

Se definió un estándar experimental para seguir siempre los mismos pasos y en el mismo orden de preparación y ejecución experimental. Esto permitió mantener unas condiciones lo más parecidas posibles para todos los usuarios y evitar posibles errores técnicos. Puede consultarse el protocolo del procedimiento experimental en el anexo 3.

5.4. Transformación de las señales ASF y ASC al dominio de la frecuencia

La obtención de la señal ASF y ASC a través del EEG se ha realizado, cómo se ha explicado en el apartado 4.2, siguiendo varios procedimientos partiendo del registro realizado sobre 21 espectadores. Para esta investigación, cuyo objetivo es determinar la existencia de patrones de respuesta neural ante el evento de corte que permitan inferir o cuando menos admitir, la existencia de un patrón articulatorio coherente con la postulación del cine como lenguaje, resulta adecuado realizar el análisis de la respuesta registrada de los usuarios desde el estudio del dominio de frecuencias.

Las señales ASF y ASC obtenidas tienen 2 segundos de duración. Dado que el registro se realizó con un muestreo de 256 SPS, tenemos en total 512 valores que recogen el registro de la señal procesada en cada señal ASF y ASC para cada electrodo. El objetivo de la operación de transformación de la señal al espacio de frecuencias es determinar el conjunto de

rangos de frecuencias a partir de las cuales se ha formado la onda registrada por cada electrodo. Es decir, se asume que la onda recogida registrada es en realidad una onda suma de contribuciones diferentes, reflejando cada rango una señal relativa a procesos de excitación o inhibición neural que están teniendo lugar la zona del cerebro registrada. Nuestro objetivo es desentrañar estas contribuciones, y determinar cuáles de ellas son comunes al conjunto de registros, y a los diferentes elementos de las taxonomías en los 4 clips visionados, para identificar estos patrones de respuesta y ver si es posible concluir la existencia o no de una respuesta neurocinemática al evento de corte, tanto en global como en las diferentes categorías de las taxonomías establecidas.

Para poder transformar la seña registrada al dominio de frecuencias es necesario utilizar un intervalo con una muestra mínima que recoja con verosimilitud la forma de la onda, y no sólo un valor instantáneo, pero a la vez, que no sea demasiado amplia para poder captar aquellas reacciones derivadas de otros impulsos a los que han sido expuestos los sujetos del experimento. Por ello tomamos conjuntos de 16 muestras sucesivas de cada señal perteneciente a cada electrodo en la línea de tiempo del registro EEG (256 SPS de muestreo) con el *toolbox* G.bsanalyze. De esta forma obtenemos mediante de la transformada rápida de Fourier el conjunto de frecuencias que conforman la señal (*power change*) para cada intervalo temporal de 62,5 milisegundos en el rango de frecuencia. La evolución del *power change* nos ha de permitir analizar la modulación de los ritmos en el EEG, es decir, las activaciones e inhibiciones de la zona neuronal correspondiente al electrodo en el rango de frecuencia analizado. El análisis del *power change* permite conocer el *event-related desynchronization/synchronization*, conociendo así qué zonas del cerebro están siendo excitadas o inhibidas como respuesta al estímulo mostrado en el experimento (Pfurtscheller, 2001; Pfurtscheller y Lopes Da Silva, 1999). En nuestro caso concreto podemos conocer la excitación e inhibición de las neuronas

en las diferentes zonas neuronales como respuesta al cambio de plano por corte y analizar qué diferencias se producen entre los diferentes tipos de cambio de plano.

Después de aplicar la herramienta G.bsanalyze para obtener los valores del *power change* en cada intervalo de 16 muestras, los valores de *power change* para cada ASF y cada ASC se registran en matrices de dimensión 31x32. En cada matriz las filas se corresponden a los electrodos y las columnas a la progresión temporal en intervalos de 62,5 ms. La progresión temporal en intervalos de 62,5 ms se debe al rango muestral utilizado para transformar la señal EEG al dominio de la frecuencia.

El análisis del *power change* se realiza sobre rangos determinados de frecuencia (Pfurtscheller, 2001; Luck, 2014; Pfurtscheller y Lopes Da Silva, 1999). Para analizar las respuestas de cada señal en el *power change* es pues necesario extraer de forma separada la evolución de la señal en el conjunto de bandas de frecuencia que la forman. Entre todas las opciones posibles, la segmentación de estas bandas de frecuencia en los experimentos neurocinemáticos (Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016) obedece a la búsqueda de respuestas concretas relacionadas con frecuencias que se asocian a procesos neuronales. Las bandas de frecuencia analizadas son: 0.5-3 Hz para Delta, 3-7 Hz para Theta, 7-14 Hz para Alpha, 14-32 Hz para Beta y 32-42 Hz para Gamma. Las bandas de frecuencia están muy estandarizadas en los estudios neurológicos, sin embargo, revisando la literatura se pueden encontrar diferencias en los límites superiores o inferiores de cada banda definida de 0,5Hz en Delta, de ± 1 Hz en Theta y más pronunciadas en Beta y Gamma (Buzsaki, 2006; Miller, 2007; de Lange *et al.*, 2008). Además de esta división más general, también realizamos otra segmentación dividida en los rangos High y Low de cada banda de frecuencia. Así establecemos los rangos 0.5-1.5 Hz para Low Delta, 1.5-3 Hz para High Delta, 3-5 Hz para Low Theta, 5-7 Hz para High Theta, 7-10.5 Hz para Low Alpha, 10.5-14 Hz para High Alpha 14-23 Hz para Low Beta, 23-32 Hz para High Beta, 32-37 Hz para Low Gamma y 37-42 Hz

para High. Este proceso se realiza de la misma forma tanto para las señales ASF como para los conjuntos de señales ASC. En la figura 16 podemos ver la representación gráfica de esta división para cada ASF. Se indica en la figura como i el ASF concreto, debido a que existen 4 posibles, uno por cada fragmento audiovisual mostrado durante el registro del EEG.

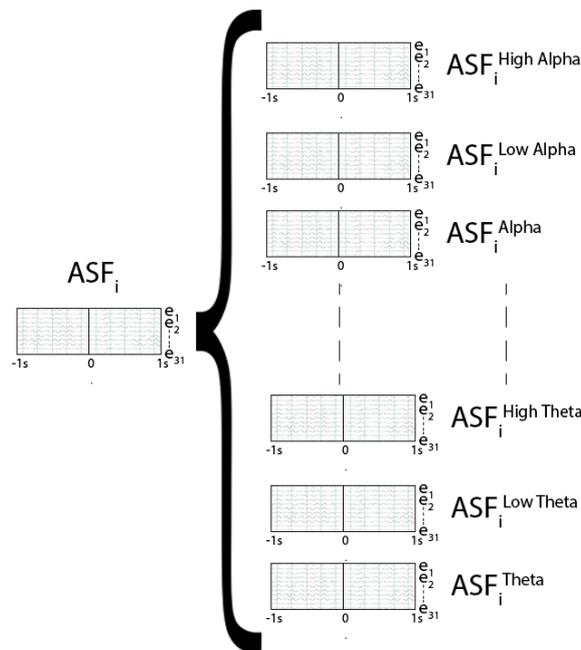


Figura 16. Desglose del ASF por rangos de frecuencia.

De este procedimiento obtenemos, a partir de cada ASF y ASC correspondiente a un fragmento fílmico, una señal modelo de reacción ante el corte para cada electrodo en las 15 bandas de frecuencia indicadas. Cada matriz tiene 31 filas y 32 columnas, siendo cada fila los valores del *power change* para cada electrodo en una determinada banda de frecuencia a lo largo de los dos segundos de tiempo seleccionados. Las primeras 16 columnas contienen los valores correspondientes al segundo previo al corte y las siguientes 16 columnas, la señal a analizar tras el cambio de plano.

En el caso de los ASF obtenemos un conjunto de 15 matrices modelo para cada uno de los 4 fragmentos fílmicos mostrados, correspondientes cada posición matricial a los valores

del *power change* de una banda de frecuencia concreta. Por lo tanto, obtenemos un total de 60 matrices. Estas matrices contenedoras del *power change* las representamos a continuación en la ecuación 2, donde M_i^j representa la matriz para la banda de frecuencia j y el ASF i . La variable j puede tomar valores de 1 a 15, uno para cada rango de frecuencia establecido, mientras que la variable i toma valores de 1 a 4, uno para cada fragmento audiovisual. Los valores de la matriz se representan en la ecuación 2 como $Electrodo_xTiempo_z$ indicando el valor de *power change* concreto para cada electrodo en el instante temporal determinado. El subíndice de cada electrodo (E_k) está comprendido entre 1 y 31, mientras que el subíndice de tiempo (T_z) está comprendido entre 1 y 32.

$$M_{ASF(i[1,4])}^{Banda\ de\ frecuencia\ (j\ [1,15])} \begin{pmatrix} Electrodo_1Tiempo_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Para el estudio de la reacción ante las diferentes categorías taxonómicas de corte, si bien todos los tipos de corte a estudiar están contenidos en los cuatro fragmentos fílmicos presentados, deberemos analizar de manera separada los cortes agrupados por categorías en cada uno de estos cuatro fragmentos. Por tanto, cada ASC resultante se corresponde a un tipo de corte h , que toma valores entre 1 y 24 para G1 y entre 1 y 29 para G2, para un fragmento audiovisual i que contenga ese tipo de corte ($\forall i \in [1,4]: h \subset i$), pudiendo tomar valores entre 1 y 4. En el caso de los ASC obtenemos 795 $M_{ASC\ i,h}^j$ matrices referida cada una a uno de los 15 rangos de frecuencia indicados, correspondiéndose 360 matrices $M_{ASCg1\ i,h}^j$ que recogen las agrupaciones de los cortes de las categorías (h) de la taxonomía G1, de cada fragmento (i) y 435 a G2 $M_{ASCg2\ i,h}^j$. Tel cómo sucede en las matrices que recogen la información de los ASF, las matrices ASC tienen cada una tiene una dimensión de 31x32, representando cada fila los

valores del *power change* para cada electrodo (E_k) a lo largo de dos segundos (T_z). Las primeras 16 columnas de la matriz contienen los valores del *baseline*, es decir los valores registrados previos al corte y los 16 restantes recogen los valores registrados el segundo posterior al visionado del evento de corte. En la ecuación 3 podemos ver el modelo matricial para ASC_{g1} y en la ecuación 4 para ASC_{g2} .

$$M_{ASCg1}^{Banda\ de\ frecuencia\ (j\ [1,15])} (i[1,4],h[1,24]) \begin{pmatrix} Electrodo_1Tiempo_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$M_{ASCg2}^{Banda\ de\ frecuencia\ (j\ [1,15])} (i[1,4],h[1,29]) \begin{pmatrix} Electrodo_1Tiempo_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} \quad (4)$$

La siguiente fase de la metodología consiste en proceder al tratamiento de los datos del *power change* obtenido en las matrices ASF y ASC para los 15 rangos de frecuencia definidos. Una vez la señal EEG está tratada para poder manejarla en el dominio de la frecuencia, procedemos a realizar diversas operaciones relacionales, obteniendo información significativa y representativa de las reacciones neuronales ante el cambio de plano para posteriormente proceder a analizar los resultados significativos en el ERD/ERS. Estas operaciones permitirán transformar los datos recogidos mediante la transformación de toda la información registrada por el EEG en información interpretable para alcanzar nuestros objetivos secundarios, extraer conclusiones y conseguir alcanzar el objetivo principal.

Los procesos comparativos que apliquemos sobre el *power change* contenido en los ASF y los ASC para las diferentes bandas de frecuencia sirven para localizar aquellas reacciones neuronales que hayan sido desencadenadas tras el corte. Para ello dividimos la descripción de esta fase en dos apartados, uno para las señales ASF (5.5) y otro para las señales ASC (5.6). Esta fase de desarrollo que procedemos a describir se basa en definir un procedimiento para la búsqueda de reacciones neuronales debidas al evento del corte, tanto de forma absoluta mediante el test de permutaciones, la correlación de Spearman y el análisis de pendientes, como para

detectar las variaciones que se producen entre diferentes tipos de corte mediante el análisis de varianza Kruskal-Wallis y el método de comparación múltiple Tukey-Kramer.

5.5. Procedimientos para la búsqueda de reacciones neuronales debidas al evento del corte

Como se ha explicado en el apartado 4.3 de la metodología, nuestra aproximación se fundamenta en realizar procesos de comparación por pares de señales con intervalos de tiempo deslizantes entre cuatro ASF para 31 electrodos desglosados en 15 bandas de frecuencia. Para poder llevarlo a cabo establecemos una rutina de trabajo mediante *MatLab*, que permite su operacionalización de forma automática. Para desarrollar los procesos de comparación entre pares, asignamos un valor booleano en función del grado de dependencia y correlación entre las comparaciones del mismo electrodo en una determinada banda de frecuencia entre los diferentes ASF en cada intervalo de tiempo. De esta forma asignamos el valor 1 cuando se supera un determinado valor umbral representativo en cada comparación. Las comparaciones entre pares se realizan mediante un test de ajuste a estructuras de dependencia mediante el test de permutación (*p*-valor) y un test de correlación de Spearman (*Rho*). Estos test de comparación por pares para determinar el grado de ajuste entre las dos señales comparadas lo aplicamos en intervalos temporales en forma de ventanas temporales deslizantes (He *et al.*, 2016). Esta aproximación nos permite obtener un conjunto de valores con continuidad temporal que recogen las reacciones neuronales ante el cambio de plano en los diferentes electrodos y bandas de frecuencia.

Las ventanas deslizantes sobre las que se realizan las comparaciones por pares tienen un rango de 6 valores consecutivos de *power change*. Este rango equivale a 375 ms, ya que cada muestra representa intervalos de 31,25 ms. La elección de ventanas temporales de 6 muestras responde a la utilización del test de permutaciones, ya que con intervalos de menos

de 5 muestras se puede perder robustez en los resultados (Heeren y D'Agostino, 1987) y con un muestreo más alto obtendríamos poco detalle temporal. De esta forma segmentamos los 2 segundos que componen el registro de cada ASF (2000 ms) en 27 ventanas temporales de 6 muestras correlativas, situando en el valor temporal 0 la ventana compuesta por las tres muestras temporales inmediatamente anteriores y posteriores al corte. En la ecuación 5 puede verse la transformación de la matriz contenedora de los valores de *power change* en matrices que contienen vectores de ventanas deslizantes. Cada elemento de la matriz resultante, en lugar de suponer un valor como teníamos anteriormente, pasa a contener un vector de 6 valores. Cada vector está formado por las 6 muestras del *power change* correspondiente a cada ventana deslizante. Lo denominamos vE_kVT_z para indicar que es un vector (v), donde la posición de fila indica el electrodo (E_k) y la posición de columna la ventana temporal correspondiente (VT_z). La matriz resultante continúa teniendo 31 filas, una para cada electrodo, pero pasa a tener 27 columnas, una para cada ventana temporal. De esta forma, la ventana temporal 14 (vE_kVT_{14}) corresponde al instante de corte, ya que está conformada por las tres muestras anteriores al corte ($E_kT_{13}, E_kT_{14}, E_kT_{15}$) y las tres posteriores ($E_kT_{16}, E_kT_{17}, E_kT_{18}$).

$$\begin{aligned}
vE_1VT_1 &= (E_1T_1, E_1T_2, E_1T_3, E_1T_4, E_1T_5, E_1T_6) \\
vE_{31}VT_{27} &= (E_{31}T_{27}, E_{31}T_{28}, E_{31}T_{29}, E_{31}T_{30}, E_{31}T_{31}, E_{31}T_{32}) \\
M_{i[1,4]}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} E_1T_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} &\rightarrow M_{i[1,4]}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} vE_1VT_1 & \cdots & vE_1VT_{27} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ vE_{31}VT_1 & \cdots & vE_{31}VT_{27} \end{pmatrix} \tag{5}
\end{aligned}$$

La identificación de dependencias y correlaciones entre pares de señales se estructura en dos fases. La primera fase es aplicar el test de permutación (Fisher, 1937; Pitman, 1937; Pitman, 1938) para localizar reacciones neuronales que muestran una estructura de dependencia entre señales (Maris y Oostenveld, 2007; Nichols y Holmes, 2002). La segunda fase consiste en utilizar el test de correlación de Spearman (Martínez Ortega *et al.*, 2009) para

conocer el nivel y tipo de concordancia entre las señales de las dos ventanas temporales comparadas. El test de Spearman al ser no paramétrico y no asumir normalidad ha sido ampliamente utilizado en el estudio del EEG (Singh, Pineda y Cadenhead, 2011; Rossetti, Carrera y Oddo, 2012) y concretamente en el estudio del ERD/ERS (Doppelmayr *et al.*, 1998; Hohlefeld *et al.*, 2015). Aplicando ambos procesos buscamos ser restrictivos respecto a la detección de ventanas temporales que podemos considerar como reacciones neuronales como consecuencia del cambio de plano por corte, dado que todo el proceso planteado está orientado a aislar la respuesta del evento de corte entre un conjunto aleatorio de estímulos derivados del visionado audiovisual.

El test de permutación por distribución exacta es un test de significación no paramétrico basado en los trabajos de Fisher (1937) y Pitman (1937; 1938) para el estudio de diferencias entre grupos. Este test se realiza mediante la distribución muestral del estadístico desde el cálculo de dicho estadístico en todas las posibles reorganizaciones de las observaciones en los diferentes grupos. De esta forma, si la hipótesis nula (H_0) es cierta, el tratamiento no ha tenido efecto, por lo que los datos son una más de las posibles permutaciones $n!$. Sin embargo, si se rechaza la hipótesis nula ($p < \text{umbral}$) los datos no son considerados aleatorios, sino que se consideran relacionados. Se le llama exacto ya que se toman en consideración todas las permutaciones de las observaciones posibles, frente a otros sistemas considerados aproximados como es el método Monte Carlo (Kahn, 1949; Robert y Casella, 1999). Cuando la muestra es muy grande, a diferencia de nuestro caso de estudio, no se pueden realizar todas las permutaciones posibles para realizar un test exacto, por lo que se toma una muestra aleatoria de las posibles permutaciones y se analiza por aproximación mediante el método Monte Carlo. El test de permutaciones es utilizado en neurofisiología para localizar reacciones neuronales relacionadas (Maris y Oostenveld, 2007; Nichols y Holmes, 2002) tanto en su variante exacta como en su variante por aproximación por el método Monte Carlo.

Para realizar el test de permutación primero se calcula la diferencia observada, que es la diferencia entre las medias de los dos grupos, que en nuestro caso serán las medias de los valores del *power change* de los grupos comparados. Después se combinan todas las permutaciones sin tener en cuenta al grupo al que pertenecen y se calculan todas las posibles permutaciones en las que las observaciones pueden ser distribuidas manteniendo el número de muestras original de los grupos. Entonces se calculan las diferencias, que son las diferencias entre las medias para cada permutación. El conjunto de diferencias calculadas conforma la distribución exacta de las posibles diferencias siendo la hipótesis nula cierta. El *p*-valor resultante es la proporción de permutaciones donde el valor absoluto de la diferencia calculada es mayor o igual al valor absoluto de la diferencia observada. En el caso de los valores del espacio de frecuencias comparados, este proceso busca determinar mediante la comparación de pares de muestras (4!), si estas tienen valores suficientemente similares como para considerar que la distribución de valores en los 4 casos estudiados tienen una probabilidad de ser aleatoria inferior a un umbral (*p*-valor), o por el contrario son suficientemente similares como para poder ser considerados posibles respuestas a un evento común.

El coeficiente de correlación de Spearman sirve para conocer el nivel y tipo de concordancia entre dos variables (Martínez Ortega *et al.*, 2009). El coeficiente de correlación de Spearman (*Rho*) evalúa la relación monótona entre dos variables continuas. Evalúa concretamente si las variables aumentan o disminuyen al mismo tiempo a pesar de que lo hagan con ritmos no constantes. A diferencia de otros coeficientes, el *Rho* de Spearman se produce en el rango $[-1, 1]$, indicando el porcentaje de correlación que se produce entre las dos variables y si esta correlación es positiva o negativa. Una correlación positiva significa que las dos variables aumentan o disminuyen en la misma tendencia y una correlación negativa significa que las variables aumentan o disminuyen de forma inversa. El coeficiente de correlación de Spearman solo detecta correlaciones monótonas, no otros tipos posibles de correlación. A

diferencia del coeficiente de correlación de Pearson, Spearman se desarrolla con los datos como rangos. El coeficiente de correlación de Spearman es una metodología no paramétrica que no asume normalidad, por lo que es muy utilizado en el estudio del EEG (Singh, Pineda y Cadenhead, 2011; Rossetti, Carrera y Oddo, 2012) y específicamente en el análisis del *power change* para estudiar el ERD/ERS (Doppelmayr *et al.*, 1998).

Operacionalmente, el análisis aplicado a cada par de intervalos temporales se realiza en las dos fases descritas. En la primera tomamos dos ASF en una banda concreta de frecuencia y comparamos para un mismo electrodo la misma ventana temporal formada por 6 muestras del *power change*. Este par de señales lo comparamos por medio del test de permutación. Estableciendo el umbral de significancia en 0,05 (Neuhauser, 2011) indicamos con el valor 1 cuando el resultado muestra una estructura dependiente significativa ($p < 0,05$). En la ecuación 6 puede verse cómo se opera este proceso. Se aplica el test de permutaciones (*PT*) sobre el electrodo k para las muestras de *power change* incluidas en la ventana temporal z (VT_z) en la banda de frecuencia j ($\forall j \in [1, 15]$). Esta comparación se realiza entre dos ASF diferentes, por lo que i e i' tienen valores diferentes comprendidos entre 1 y 4 ($\forall i, i' \in [1, 4]: i \neq i'$). Al haber 4 ASF existen 6 posibles comparaciones por pares entre i e i' .

$$PT_{i,i'}^j [M_i^j(vE_k VT_z); M_{i'}^j(vE_k VT_z)] \begin{cases} \rightarrow Si p < 0.05 \rightarrow PT_{i,i'}^j(E_k VT_z) = 1 \\ \rightarrow Si p \geq 0.05 \rightarrow PT_{i,i'}^j(E_k VT_z) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Si el resultado obtenido muestra un p -valor significativo ($p < 0.05$) se considera aceptable y se indica como 1 en una matriz correspondiente donde se indican los resultados. Esta técnica es una aplicación de la metodología de segmentación de imagen que se utiliza en tomografía (Sheppard, Sok y Averdunk, 2004; Drexler y Fujimoto, 2015), pero aplicada a la segmentación en los valores 0 o 1 del rango de valores resultantes de la aplicación del test de

permutación entre pares y estableciendo el p -valor como *threshold*. La matriz resultante representa todas las comparaciones realizadas por medio del test de permutación para una misma banda de frecuencia entre dos ASF, correspondiéndose cada fila a un electrodo y cada columna a una ventana temporal. De esta manera detectamos las ventanas temporales donde los datos comparados presentan una significancia superior al p -valor, revelando una estructura de dependencia entre las muestras comparadas. Como resultado obtenemos 6 matrices por cada banda de frecuencia, cada una para las posibles comparaciones entre los 4 ASF. Solo en el caso de que en estas 6 matrices un intervalo temporal de un mismo electrodo en una determinada banda de frecuencia muestre una dependencia significativa, se considera que ese intervalo temporal en ese electrodo y banda de frecuencia está mostrando una reacción compatible con ser identificada como consecuencia del estímulo del corte. De esta forma obtenemos como resultado una matriz final para cada banda de frecuencia donde se señala en qué electrodos durante una misma ventana temporal se produce una relación de dependencia significativa en todas las posibles comparaciones entre los 4 ASF.

Generalizando el proceso descrito obtenemos 6 matrices por cada una de las 15 bandas de frecuencia, correspondientes cada una a la comparación por pares entre los diferentes ASF ($\forall i, i' \in [1,4]: i \neq i'$), resultando un total de 90 matrices. Dado que cada ASF agrupa los cortes de cada uno de los 4 films, en el caso de que un intervalo temporal de un mismo electrodo en una determinada banda de frecuencia muestre en su comparación entre los diferentes ASF una dependencia significativa en las 6 matrices, se considera que ese intervalo temporal en ese electrodo y banda de frecuencia está mostrando una reacción a consecuencia del estímulo del corte. De esta forma obtenemos como resultado una matriz para cada banda de frecuencia donde se indica en qué electrodos durante una misma ventana temporal se produce una relación de dependencia significativa en todas las posibles comparaciones entre los 4 ASF. Podemos ver la descripción del proceso en la ecuación 7. Cuando en una ventana temporal y electrodo

(E_kVT_z) de la misma banda de frecuencia (j) se cumple que el sumatorio de las comparaciones por pares de las 4 matrices ASF i e i' ($\forall i, i' \in [1,4]: i \neq i'$) da como resultado el valor de 6, significa que entre todos los ASF existe una relación de dependencia en ese periodo y electrodo para la banda de frecuencia definida, por lo que le asignamos el valor 1 en la posición correspondiente de la matriz $PTTotal^j$, representando j el rango de frecuencia concreto.

$$PTTotal_{31 \times 27}^j = \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} PT_{i, i'}^j \begin{cases} \text{Si } \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} PT_{i, i'}^j(E_kVT_z) = 6 \rightarrow PTTotall^j(E_kVT_z) = 1 \\ \text{Si } \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} PT_{i, i'}^j(E_kVT_z) < 6 \rightarrow PTTotall^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Aplicando este procedimiento a todas las ventanas temporales obtenemos aquellas ventanas temporales que para cada electrodo y banda de frecuencia muestran dependencia entre los diferentes clips de video, en los que el único evento común entre los 4 ASF es el cambio de plano por corte. La matriz resultante de este proceso tendrá una dimensión de 31x27 correspondiéndose las filas a los electrodos y las columnas a las ventanas temporales. Obtenemos como resultado 15 matrices booleanas, una por cada banda de frecuencia (j).

Una vez finalizada esta etapa del proceso, en la segunda fase procedemos a determinar la bondad de las correlaciones en las ventanas temporales detectadas como dependientes. Aplicamos para ello el test de correlación de Spearman en las ventanas temporales donde se ha detectado una relación de dependencia mediante el test de permutación. El objetivo es verificar que las relaciones por pares que se establecen entre las mismas ventanas temporales de un mismo electrodo en una determinada banda de frecuencia, además de mostrar una relación de dependencia, también están correlacionadas. Para procesar en *MatLab* la doble condición de que se cumpla el test de permutaciones y el test de Spearman, resulta más sencillo obtener por separado $PTTotal^j$ (ecuación 7) y una matriz booleana equivalente aplicando el test de correlación de Spearman. Posteriormente, al ser ambas matrices booleanas, multiplicamos los

valores que ocupan la misma posición matricial en ambas matrices. De esta forma obtenemos una matriz resultado también booleana que cumple la doble condición de dependencia y correlación, indicado como 1 únicamente las ventanas temporales donde p -valor sea menor que 0,05 y Rho mayor que 0,5 en todas las posibles combinaciones entre i e i' ($\forall i \neq i'$).

La correlación de Spearman se aplica de forma similar al test de permutaciones, estableciendo comparaciones por pares para cada ventana temporal de cada electrodo entre los diferentes ASF en el mismo rango de frecuencia. En el caso de que el valor de correlación Rho supere al valor umbral se indica como 1 en la matriz resultante. Para definir la correlación entre las muestras establecemos el valor umbral Rho en 0,5 como se establece en abundante literatura previa (Wilsgaard y Jacobsen, 2007; Lafond, Series y Lemiere, 2007; Finch, Blick y Schuldt, 2008; Doppelmayr *et al.*, 1998; Martínez Ortega *et al.*, 2009). Dado que el tipo de correlación que buscamos entre los ASF es positiva, ya que lo que buscamos es detectar respuestas similares y no opuestas, descartamos todos los valores Rho negativos ya que representan correlaciones inversas, quedándonos exclusivamente con los valores Rho mayores que 0,5 y no los menores de -0,5 (Meklin *et al.*, 2007). Es decir, utilizamos el test de correlación de Spearman de forma *one tail*⁵⁰. En la ecuación 8 se representa el proceso explicado. Para los pares comparados de ventanas temporales (VT_z) de dos ASF (entre i e i' siendo i diferente a i') en un mismo electrodo (E_k) en una determinada banda de frecuencia (j). En caso de obtener un valor Rho mayor de 0,5 mostrando una correlación positiva y significativa, indicamos el resultado como 1 en la matriz $SMR_{i,i'}^j$ en la posición matricial correspondiente ($E_k VT_z$).

⁵⁰ En pruebas de significancia estadística donde los resultados se distribuyen siguiendo una función normal, los valores extremos representan la hipótesis nula. Se utiliza el sistema *two tail* cuando el resultado buscado se busca que se aleje del valor de referencia y *one tail* cuando se busca que se aleje del valor de referencia en una dirección concreta. El valor Rho puede tomar valores entre -1 y 1, pero nos interesa únicamente los que se alejan del valor de referencia en sentido positivo, por lo que utilizamos el sistema *one tail* ignorando los resultados que rechazan la hipótesis nula en sentido negativo (Sims, 2000).

$$SMR_{i,i'}^j [M_i^j(vE_kVT_z); M_{i'}^j(vE_kVT_z)] \begin{cases} \rightarrow Si Rho > 0.5 \rightarrow SMR_{i,i'}^j(E_kVT_z) = 1 \\ \rightarrow Si Rho \leq 0.5 \rightarrow SMR_{i,i'}^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Tal como realizábamos con el test de permutación, identificamos como positivas solo las reacciones correlacionadas que superen el umbral de *Rho* en las 6 comparaciones posibles entre los 4 ASF, descartando correlaciones débiles. En la ecuación 9 describimos este proceso. Cuando el sumatorio de los resultados obtenidos en las mismas ventanas temporales en el mismo electrodo (E_kVT_z) entre las diferentes matrices de correlación de Spearman por pares ($\forall i, i' \in [1,4]: i \neq i'$) de una misma banda de frecuencia (j) da un valor de 6, significa que entre todos los ASF existe correlación en ese instante y electrodo en esa banda de frecuencia, por lo que le asignamos el valor 1 en la posición correspondiente de la matriz $SMRTotal^j$.

$$SMRTotal_{31 \times 27}^j(E_kVT_z) = \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} SMR_{i,i'}^j(E_kVT_z) \begin{cases} \rightarrow Si \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} SMR_{i,i'}^j(E_kVT_z) = 6 \rightarrow SMRTotal^j(E_kVT_z) = 1 \\ \rightarrow Si \sum_{i, i' \in [1,4]: i \neq i'} SMR_{i,i'}^j(E_kVT_z) < 6 \rightarrow SMRTotal^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases} \quad (9)$$

La matriz $SMRTotal^j$ permite identificar las ventanas temporales en las que un electrodo en una banda de frecuencia concreta muestra correlación en el *power change* entre todos los fragmentos fílmicos utilizados. De todo el proceso obtenemos un total de 15 matrices de dimensión 31x27, siendo cada matriz correspondiente a una banda de frecuencia concreta. En estas matrices las filas se corresponden a los 31 electrodos y las columnas a las 27 ventanas temporales.

Así finalmente, consideramos solo las ventanas temporales para cada electrodo en cada banda de frecuencia donde existe una relación de dependencia significativa y una correlación representativa ante el evento común del corte, por lo que aceptamos estos

resultados como la evidencia de reacciones neuronales en el *power change* ante el cambio de plano por corte, que es el único evento común en los 4 fragmentos fílmicos visionados.

A continuación, para poder combinar el test de permutaciones y la correlación de Spearman procedemos a multiplicar los valores que ocupan las mismas posiciones matriciales entre las matrices $PTTotal^j$ y $SMRTTotal^j$ en la misma banda de frecuencia (j). En la ecuación 10 indicamos la multiplicación entre los valores que ocupan una misma posición matricial cómo $.x$, para simbolizar el comando de ejecución en *MatLab* ($.*$), para diferenciar la notación utilizada para una multiplicación matricial estándar. El resultado de esta operación es la localización de las ventanas temporales donde se produce correlación y dependencia entre los 4 ASF para un mismo electrodo en una misma banda de frecuencia (j). Es decir, el valor 1 identifica en la matriz a todos aquellos instantes donde se detecte un comportamiento neuronal relacionado al evento del corte. A esta matriz final le llamamos *DC* (Dependencias al Corte).

$$DC_{31 \times 27}^j = PTTotat_{31 \times 27}^j .x SMRTotat_{31 \times 27}^j \quad (10)$$

La matriz resultante DC^j tiene una dimensión 31×27 , donde cada fila representa un electrodo y cada columna una ventana temporal. Se obtienen 15 matrices, cada una para una banda de frecuencia analizada (j). En estas matrices las ventanas temporales por electrodo que muestran una respuesta neuronal debida al evento del corte contienen el valor 1, siendo 0 el resto.

El conjunto de datos obtenidos a partir del el análisis planteado permite realizar un estudio temporal de la respuesta neuronal desencadenada por el evento del corte para cada banda de frecuencia y electrodo. Al tener definidos qué instantes temporales muestran un comportamiento dependiente al evento del corte para cada electrodo en cada banda de frecuencia, podemos estudiar cómo se distribuyen estos resultados en la línea de tiempo y detectar si existen periodos con concentraciones en su distribución. Para observar la

distribución temporal de las reacciones neuronales producidas por el evento del corte, realizamos el sumatorio entre las mismas ventanas temporales en los diferentes electrodos y rangos de frecuencia. Para calcularlo primero realizaremos el sumatorio de las matrices DC relativas a las 15 bandas de frecuencia y posteriormente el sumatorio de las columnas de la matriz resultante. De esta forma obtenemos un vector de 27 posiciones que nos permite tener una visión general de cómo se distribuyen en el tiempo las reacciones neuronales dependientes del evento del corte. El proceso se describe en la ecuación 11. Por medio de esta ecuación obtenemos un vector de 27 valores, referidos cada uno a ventana temporal. Cada valor del vector resultante representa la cantidad de ventanas deslizantes que abarcan el mismo rango temporal (VT_z) donde se ha detectado una reacción neuronal dependiente al corte en todos los electrodos ($E_k \forall k \in [1,31]$) y todas las bandas de frecuencia ($j \forall j \in [1,15]$).

$$Distribucion\ de\ Dependencias\ al\ Corte_{1 \times 27} = \sum_{k=1}^{31} \sum_{j=1}^{15} DC_{31 \times 27}^j (E_k VT_z) \quad (11)$$

Como se ha explicado, la existencia de correlación en el comportamiento de las ventanas temporales, pudiendo ser atribuible a una reacción debida al evento de corte, puede no representar una variación representativa, correspondiendo por ejemplo a periodos que se muestran como señales prácticamente planas, donde previamente ya se ha producido la excitación o inhibición y están representando con su ausencia de variación la continuación de un estado previo, mostrando correlación entre las señales pero no variación. Por ello, el último paso en la metodología consiste en identificar aquellas ventanas temporales que además de mostrar reacciones desencadenadas por el cambio de plano por corte, contengan variaciones significativas en la evolución temporal del *power change*. Para ello recurrimos al análisis de las pendientes de las señales (Michels *et al.*, 2008; Adam *et al.*, 2016). Este proceso se realiza calculando por separado las pendientes en las diferentes ventanas

temporales, su transformación en una matriz booleana y finalmente multiplicando los valores que ocupan la misma posición de la matriz obtenida con la matriz también booleana DC , ya calculada anteriormente (ecuación 10). De esta forma, al operar con matrices booleanas, obtenemos el valor 1 cuando las ventanas temporales detectadas como dependientes al corte contengan en los 4 ASF una pendiente que supere el umbral y mantengan el mismo signo en las 4 pendientes calculadas.

Las variaciones en la evolución del *power change* nos indican un proceso de sincronización o desincronización en los ritmos neuronales (Doppelmayr *et al.*, 1998). Por ello, si detectamos pendientes significativas en las ventanas temporales pertenecientes a un electrodo en una banda de frecuencia en la que hemos detectado una posible respuesta neuronal al cambio de plano por corte, obtenemos como resultado la localización de procesos importantes de sincronización o desincronización que pueden ser interpretados como una consecuencia del cambio de plano por corte. Por ello, para todas aquellas ventanas temporales de cada electrodo en cada banda de frecuencia donde se haya detectado dependencia y correlación en la matriz $DC^j(E_kVT_z)$ analizamos las pendientes en los valores del *power change* de los 4 ASF. Para realizar este proceso, tomamos cada vector formado por las 6 muestras temporales correspondientes a la ventana temporal que estamos analizando (vE_kVT_z) en cada uno de los 4 ASF y calculamos sus pendientes. Si las pendientes calculadas en las ventanas temporales en los 4 ASF superan un umbral representativo y tienen el mismo signo se marca el resultado como 1, indicando como 0 todos los demás. Es importante tener en cuenta el signo de la pendiente, ya que podemos tener pendientes positivas (ERS) o negativas (ERD) y solamente resultan representativos los resultados que muestran el mismo tipo de variación en los ritmos neuronales para los 4 ASF en la misma ventana temporal del mismo electrodo y en la misma banda de frecuencia. Consideramos por tanto como relevantes en términos de

variación en su *power change* solo aquellas pendientes que superen un determinado umbral con el mismo signo en la misma ventana temporal, electrodo y banda para los 4 ASF.

Para establecer un valor umbral que defina como representativo el nivel de variación al estímulo producido por el cambio de plano por corte evaluando la inclinación de su pendiente en el *power change*, este debe ser ponderado en relación a un estado de reposo o equilibrio. Para establecer el valor umbral de la pendiente que identifique variaciones representativas del *power change* analizamos los datos contenidos en el *baseline* como referencia. Al realizar operaciones con ventanas deslizantes de 6 muestras del *power change*, obtenemos 27 ventanas temporales en los 2 segundos analizados, siendo uno anterior y otro posterior al instante de corte. De estas ventanas temporales consideramos la intermedia como el momento del corte, pero está formada por 3 muestras previas y tres posteriores al cambio de plano. Esto significa que las dos ventanas temporales previas a la ventana intermedia también van a contener muestras posteriores al corte (figura 17), por lo que si las consideramos como *baseline* pueden contaminar la referencia previa al estímulo con reacciones neuronales posteriores al cambio de plano. Por ello, para establecer el valor umbral que determine las pendientes representativas en ventanas temporales del *power change* recurrimos a las primeras 11 ventanas temporales como *baseline*, excluyendo las ventanas temporales 12 y 13, tal como podemos ver en la figura 17.

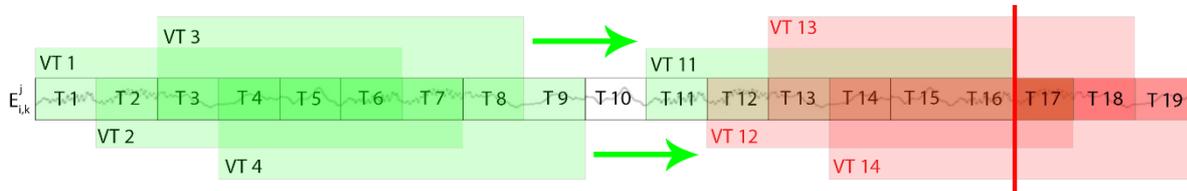


Figura 17. Ventanas temporales deslizantes que no están influidas por muestras del *power change* tras el cambio de plano por corte.

En neurología suele utilizarse la segmentación de datos en *below average* o *above average* para seleccionar grupos con una característica más representada que en el conjunto global de datos (Gordon y Sim, 1967; Rodriguez *et al.*, 1999; Reber *et al.*, 2016). En nuestro

caso, tomamos como pendientes representativas aquellas que superen la media (*above average*) de entre todas las pendientes de las ventanas temporales del *baseline*. Por ello establecemos el valor umbral como la media obtenida en el *baseline* definido. Para realizar el cálculo de la media, analizamos las pendientes en las ventanas deslizantes del *baseline* formado por las 11 primeras ventanas deslizantes que no contienen muestras tras el corte. De las ventanas deslizantes que tomamos como *baseline*, seleccionamos como representativas las que muestren un comportamiento común, eliminando todas aquellas ventanas que, para el mismo electrodo, en la misma banda de frecuencia y en la misma ventana temporal, no tengan el mismo signo en los 4 ASF, es decir, solo conservamos aquellos que la pendiente tiene la misma tendencia creciente o decreciente en los 4 ASF. Realizamos esta operación previa para que la obtención de la media sea sobre datos gestionados de forma similar a como se va a trabajar la detección de las pendientes significativas sobre las ventanas temporales tras el corte. De los resultados obtenidos, nos interesa conocer la media de inclinación en grados para calcular la desviación tanto positiva como negativa con respecto a 0°, por lo que necesitamos conocer la media de inclinación de forma absoluta. Para ello calculamos la pendiente media a partir de los valores absolutos de las pendientes y así obtener finalmente el valor umbral que determina si una pendiente es significativa.

Una vez establecido el umbral de significancia para las pendientes, procedemos a operar en las diferentes ventanas temporales para conocer la inclinación de las reacciones neuronales debidas al evento del corte. Para ello comenzamos calculando las pendientes de cada ventana temporal, tal como definimos en la ecuación 12. Al estudiar la pendiente en ventanas de 6 muestras el denominador es 6 y las muestras de los extremos de cada ventana temporal son T_z y T_{z+5} para cada banda de frecuencia (j) en cada ASF (i).

$$Pendiente_i^j (vE_kVT_z) = actan\left(\frac{E_kT_{z+5} - E_kT_z}{6}\right) \quad (12)$$

Operacionalmente creamos una matriz $Pend_i^j(E_kVT_z)$ mostrada en la ecuación 13 a partir de la matriz $Pendiente_i^j (vE_kVT_z)$, que contiene los valores de las pendientes para cada banda de frecuencia concreta (j) en un ASF determinado (i) para cada electrodo (E_k) y ventana temporal (VT_z). Para calcular la pendiente a partir de ventanas deslizantes de 6 muestras temporales en cada electrodo (vE_kVT_z). Al calcular estas pendientes, cuando superan el umbral positivo, se indican en la matriz $Pend$ como 1 y cuando supera el umbral negativo como -1. El resto de las posiciones matriciales se indican como 0. Al ser importante si la pendiente es ascendente o descendente, asignamos 1 cuando obtenemos una pendiente positiva y -1 cuando muestran una pendiente negativa, lo que nos permitirá diferenciarlas al comparar las pendientes de cada ventana temporal en los diferentes ASF, asegurarnos de que tienen el mismo signo de pendiente en los 4 casos.

$$\begin{array}{l}
 \nearrow Si\ Pendiente\ vE_kVT_z > Umbral\ (+) \rightarrow Pend_i^j(E_kVT_z) = 1 \\
 \rightarrow Si\ Umbral\ (-) \leq Pendiente\ vE_kVT_z \leq Umbral\ (+) \rightarrow Pend_i^j(E_kVT_z) = 0 \\
 \searrow Si\ Pendiente\ vE_kVT_z < Umbral\ (-) \rightarrow Pend_i^j(E_kVT_z) = -1
 \end{array} \quad (13)$$

De esta forma obtenemos, como se indica en la ecuación 13, la identificación de todas las pendientes que superan un umbral determinado en una ventana temporal. De este proceso resultan 15 matrices para cada fragmento audiovisual (i), cada una correspondiente a su banda de frecuencia (j). Las matrices $Pend$ tienen una dimensión 31x27 correspondiéndose las filas a los electrodos y las columnas a las ventanas temporales.

Una vez conocidas las pendientes en la evaluación del *power change* para cada ventana temporal, procedemos a compararlas con sus equivalentes en el mismo electrodo y banda de frecuencia en los diferentes ASF. En la ecuación 14 podemos observar cómo se

obtiene la matriz relativa a las pendientes en el *power change* entre los diferentes ASF $PendTotal^j$ para cada banda de frecuencia j , que posteriormente multiplicamos posición a posición por la matriz DC^j equivalente, ya obtenida anteriormente (ecuación 9). Este procedimiento nos permite localizar ventanas temporales que muestran una correlación y dependencia en la reacción neuronal debido al input del cambio de plano por corte y al mismo tiempo tienen una variación importante en el *power change*, reflejando una variación en los ritmos neuronales que analizaremos por medio del ERD/ERS. $PendTotal^j$ se obtiene por el sumatorio de cada valor booleano asignado al cálculo de pendiente realizado sobre el *power change* en los 4 ASF (i) en ventanas de 6 muestras temporales (VT_z) para un mismo electrodo (E_k) y una misma banda de frecuencia (j). Como hemos explicado anteriormente, cada pendiente de una ventana temporal que supera el umbral definido se indica como +1 o -1. Para convertir la matriz $PendTotal$ a booleana y poder operarla con la matriz DC , tomamos solo como aceptables las ventanas en las que todas las pendientes de la misma banda de frecuencia en el mismo electrodo para los 4 ASF tienen una inclinación que superan el umbral, por lo que los resultados óptimos del sumatorio son 4 o -4. En cada posición matricial donde el resultado es 4 o -4 se sustituye por 1 y el resto se indican como 0 al no considerarse relevantes. Podemos ver este proceso en la ecuación 13.

$$\begin{aligned}
 PendTotal_{31 \times 27}^j = \sum_{i=1}^4 Pend_i^j \begin{cases} \nearrow Si \sum_{i=1}^4 Pend_i^j(E_k VT_z) = 4 \rightarrow PendTotal^j(E_k VT_z) = 1 \\ \longrightarrow Si \sum_{i=1}^4 Pend_i^j(E_k VT_z) \neq -4 (\&) \neq 4 \rightarrow PendTotal^j(E_k VT_z) = 0 \\ \searrow Si \sum_{i=1}^4 Pend_i^j(E_k VT_z) = -4 \rightarrow PendTotal^j(E_k VT_z) = 1 \end{cases} \quad (14)
 \end{aligned}$$

A través de este proceso podemos detectar aquellas reacciones neuronales consecuencia del evento del corte que suponen una variación importante en el *power change*, localizando las activaciones e inhibiciones neuronales más importantes desencadenadas como consecuencia del cambio de plano por corte. De esta forma, en la ecuación 14,

obtenemos una matriz booleana ($PendTotal^j$) de dimensión 31x27 que nos indica cuándo existen pendientes en un periodo temporal concreto del *power change* que superan un umbral determinado con el mismo signo en el mismo electrodo para los 4 ASF en una misma banda de frecuencia (j). Las filas de la matriz $PendTotal$ corresponden a los 31 electrodos y las columnas a las 27 ventanas temporales.

Una vez obtenida la matriz $PendTotal^j$ para cada banda de frecuencia j , procedemos a combinarla con la matriz obtenida anteriormente DC^j , de esta forma localizamos aquellas ventanas temporales que tiene un proceso de sincronización o desincronización debido al evento del corte. Se puede observar el proceso en la ecuación 15. Para combinar estas matrices, multiplicamos los valores que ocupen las mismas posiciones matriciales ($.x$) entre $PendTotal^j$ y DC^j para un mismo rango de frecuencia (j). A través de este proceso obtenemos la matriz DSC^j (Desincronizaciones y Sincronizaciones debidas al Corte) para cada banda de frecuencia (j).

$$DSC_{31 \times 27}^j = DC_{31 \times 27}^j .x PendTotal_{31 \times 27}^j \quad (15)$$

La matriz DSC obtenida por la ecuación 15, resulta una matriz booleana donde está indicado como 1 cada ventana temporal en la que se ha detectado una reacción neuronal desencadenada tras el evento de corte y muestra una sincronización o desincronización significativa. Obtenemos 15 matrices DSC , una por cada banda de frecuencia. Cada matriz DSC tiene una dimensión 31x27, correspondiéndose las filas a los electrodos y las columnas a las ventanas temporales.

Al aplicar análisis de pendientes es importante asegurar que localizamos aquellas cuya variación en el *power change* representan un comportamiento monótono, es decir, cuya pendiente calculada a partir del primer y último valor de la ventana temporal de 6 muestras temporales sea coherente con la tendencia de la pendiente a lo largo del intervalo. Para ello

comprobamos que dentro de cada ventana de 6 muestras temporales donde se localice una pendiente representativa, además contenga en sus muestras como mínimo un intervalo con pendiente de 3 muestras que también sea representativa y del mismo signo.

Al combinar los resultados de las pendientes con ventanas deslizantes de 6 muestras temporales con los resultados obtenidos por test de permutación y correlaciones de Spearman también realizados con ventanas deslizantes de 6 muestras, tenemos la seguridad de que las pendientes representativas que se producen en los 4 ASF para el mismo instante temporal en el mismo electrodo y banda de frecuencia están correlacionados. Por ello realizamos un chequeo de seguridad lo más similar posible para el análisis de las pendientes en ventanas de tres muestras temporales. Como ya hemos explicado anteriormente, no podemos aplicar el test de permutación con fiabilidad sobre ventanas de tres muestras (Heeren y D'Agostino, 1987), pero sí podemos aplicar el test de correlación de Spearman y obtener resultados aceptables (Lyerly, 1952). De esta forma, además de comprobar que su comportamiento es monótono, correlacionado y dependiente en la pendiente para las ventanas temporales de 6 muestras, también comprobamos que la relación entre los 4 ASF se mantiene a pesar de reducir el tamaño de la ventana deslizante. Es decir, cuando detectemos dependencia, correlación y una pendiente significativa en un periodo de 6 muestras entre los 4 ASF, nos aseguramos de que un segmento de 3 muestras contenido en este periodo también muestre correlación y una pendiente significativa.

Por tanto, para conocer son los valores umbral que nos permiten definir una pendiente con una inclinación determinada como una variación representativa en el *power change* necesitamos conocerlo para ventanas de 6 y de 3 muestras consecutivas. Tal como se ha descrito, para establecer el valor que represente un incremento o disminución significativo en el *power change* necesitamos calcularlo en función del *baseline*, sin considerar aquellas ventanas temporales que contengan muestras tras el evento de corte. Este proceso se calcula utilizando

20.460 valores de pendientes para ventanas temporales de 6 muestras temporales y 26.040 valores de pendientes para ventanas temporales de 3 muestras. De este proceso, utilizando los valores absolutos de las pendientes, obtenemos una inclinación media de $19,95^\circ$ con ventanas deslizantes de 6 muestras temporales y de $25,43^\circ$ con ventanas deslizantes de 3 muestras temporales. Así definimos el valor umbral para ventanas deslizantes de 6 muestras en $\pm 19,95^\circ$ y para ventanas deslizantes de 3 muestras en $\pm 25,43^\circ$. Por lo tanto, consideraremos una pendiente como significativa cuando en la evolución del *power change* el ángulo de incremento o decremento con respecto a 0° sea superior o inferior al valor del umbral.

En resumen, consideramos que una ventana temporal concreta de un electrodo en una banda de frecuencia determinada reacciona de forma significativa debido al evento de corte, ya sea en forma de sincronización o desincronización, cuando se cumplen las tres condiciones establecidas: superar el *p*-valor del test de permutación, superar el *Rho* de la correlación de Spearman y tener una pendiente que supere el umbral definido. Todo el procesado matemático necesario para poder conseguir los resultados se realiza de forma automatizada, para lo que se programaron rutinas de trabajo para operar las comparaciones entre los ASC por medio de scripts⁵¹ ejecutados en *MatLab*. Gracias a la programación de estos scripts podemos realizar un análisis en profundidad que detecta y localiza de forma automática las reacciones significativas debidas al evento del corte en el *power change*.

La estrategia de programación está basada en la programación modular, separando las funciones estadísticas, las funciones operativas y el script controlador. Se crean funciones específicas orientadas al procesado comparativo, a la gestión de resultados intermedios y

⁵¹ Archivo de texto plano diseñado para el procesamiento por lotes (*batch processing*) al ser ejecutado por un programa interprete de órdenes. Concretamente en *Matlab* se denominan ficheros M, ya que su extensión es “.m”. Por medio de la programación de scripts en *MatLab* podemos ejecutar un listado de comandos de órdenes, gestionando los datos de entrada y salida en cada ejecución. De esta forma podemos aplicar todos los cálculos deseados para la investigación de forma automatizada y gestionar los resultados de salida de cada ejecución (Gilat, 2006; Cohen, 2017).

finales y por último un script controlador en el que se indican las variables necesarias y se ejecuta todo el sistema metodológico de comparación de señales desde el principio hasta el final. El controlador gestiona los datos originales y los envía a procesar a través de llamadas a funciones controladoras que a su vez realizan llamadas a las funciones que proceden a calcular resultados. Las funciones controladoras a su vez contienen funciones anidadas y una programación modular para la gestión, indexación y almacenado de resultados. Una vez realizados los diferentes procesados descritos en la metodología, se ejecutan scripts dedicados a combinar las matrices booleanas resultantes previamente almacenadas, buscando las coincidencias que nos señalan los electrodos y el tiempo para cada banda de frecuencia que son relevantes en nuestra investigación. Gracias a este sistema computacional podemos realizar un análisis en profundidad que detecta y localiza temporalmente de forma automática las reacciones en el *power change* que son significativas.

5.6. Procedimientos para la búsqueda de reacciones neuronales debidas al tipo de corte

La metodología de detección de variaciones neuronales debidas al tipo de corte observado por el espectador se basa en realizar procesos de comparación entre una misma ventana temporal para un electrodo y un mismo rango de frecuencia en los cuatro fragmentos audiovisuales para las diferentes categorías de cortes. Mediante el análisis de varianza entre los tipos de corte podemos localizar en qué ventanas se están produciendo respuestas neuronales diferenciadas, aunque aplicando este sistema por sí solo no podemos asegurar que sea consecuencia del tipo de corte. Tras este primer paso, gracias a que en el apartado anterior localizamos las ventanas temporales cuya reacción es debida al corte, podemos descartar todas las ventanas detectadas por el análisis de varianza que no tienen relación con el cambio de plano y aislar aquellas ventanas en las que se producen diferencias en el *power change*

entre las señales de diferentes tipos de corte con la certeza de que la reacción neuronal es consecuencia directa del corte.

Para determinar las ventanas temporales en los electrodos y bandas de frecuencia que muestran dependencia y correlación utilizamos la detección realizada en el apartado anterior sobre los ASF por medio del test de permutación y correlación de Spearman, recuperando la matriz DC^j obtenida en la ecuación 10 que identifica los electrodos y ventanas temporales que muestran una reacción coherente en respuesta al corte para cada banda de frecuencia. En el apartado anterior nos centrábamos en localizar los patrones de reacción neuronal debido al cambio de plano por corte, así que ahora, para detectar las variaciones en el *power change* entre los tipos concretos de corte necesitamos conocer el análisis de varianza en los ASC correspondientes a cada tipo de corte sobre las comparaciones entre los mismos electrodos en las bandas de frecuencia y ventanas temporales ya obtenidas en la matriz DC^j . De esta forma, cuando una ventana temporal, en un mismo electrodo para una misma banda de frecuencia muestra correlación y dependencia entre los cuatro clips audiovisuales, se considera que se ha localizado una reacción neuronal dependiente al corte y sobre estas ventanas temporales localizadas es donde resulta de interés la aplicación del análisis de varianza Kruskal-Wallis entre los diferentes tipos de corte.

Para poder operar con la matriz DC^j necesitamos obtener una matriz equivalente como resultado del análisis de varianza. Por ello, como resultado del análisis de varianza necesitamos conseguir una matriz booleana de dimensión 31x27 obtenida a partir de ventanas deslizantes de 6 muestras consecutivas del *power change*. Para ello volvemos a recurrir al sistema de resultados booleanos en función del grado de dependencia, correlación y varianza, estableciendo valores umbrales que definirán 0 o 1 en las posiciones de cada matriz booleana.

Siguiendo una estructura similar a las matrices de *power change* del apartado anterior, creamos vectores de 6 muestras (vE_kVT_z) a partir de cada posición matricial de cada

ASC para G1 ($ASCg1$) y G2 ($ASCg2$), representado las filas el electrodo (E_k) y las columnas la ventana temporal (VT_z). De esta forma, la ventana temporal 14 se corresponde con el instante de corte, conformado por tres muestras del *power change* previas al cambio de plano ($E_kT_{13}, E_kT_{14}, E_kT_{15}$) y tres posteriores ($E_kT_{16}, E_kT_{17}, E_kT_{18}$). Se obtienen estas matrices para cada banda de frecuencia (j) correspondientes a cada fragmento audiovisual (i) y tipo de corte (h). Como se analizan únicamente los tipos de corte que estén contenidos en 3 o 4 films, habrá situaciones donde un tipo de corte no estará en los 4 films ($\forall i \in [1,4]: h \subset i$) y el vector correspondiente (E_x, T_y) será nulo. En el caso de que se considere nulo no se computara para establecer las similitudes o diferencias.

$$vE_1VT_1 = (E_1T_1, E_1T_2, E_1T_3, E_1T_4, E_1T_5, E_1T_6)$$

$$vE_{31}VT_{27} = (E_{31}T_{27}, E_{31}T_{28}, E_{31}T_{29}, E_{31}T_{30}, E_{31}T_{31}, E_{31}T_{32})$$

$$M_{ASCg1(i[1,4],h[1,24])}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} E_1T_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} \rightarrow M_{ASCg1(i[1,4],h[1,24])}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} vE_1VT_1 & \cdots & vE_1VT_{27} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ vE_{31}VT_1 & \cdots & vE_{31}VT_{27} \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$M_{ASCg2(i[1,4],h[1,29])}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} E_1T_1 & \cdots & E_1T_{32} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{31}T_1 & \cdots & E_{31}T_{32} \end{pmatrix} \rightarrow M_{ASCg2(i[1,4],h[1,29])}^{j[1,15]} \begin{pmatrix} vE_1VT_1 & \cdots & vE_1VT_{27} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ vE_{31}VT_1 & \cdots & vE_{31}VT_{27} \end{pmatrix}$$

La metodología ANOVA (*analysis of variance*) es un conjunto de modelos estadísticos que prueban la hipótesis de que las medias de dos o más grupos son iguales utilizando la distribución F de Fisher como parte del contraste de hipótesis (D'Arco, Liccardo y Pasquino, 2012). Por lo tanto, para los modelos ANOVA la hipótesis nula implica que las muestras de los grupos comparados provienen de poblaciones con las mismas medias. El conjunto de modelos ANOVA es una de las metodologías comparativas más utilizada por los estudios sobre EEG (Picton *et al.*, 2000). El modelo ANOVA se utiliza para evaluar las

diferencias entre al menos tres grupos, utilizándose t-test⁵² cuando solamente hay dos. El análisis de varianza puede ser *One-Way*, en el caso de que se compare una categoría de variables independientes y *Two-Way* en el caso de que se comparen dos categorías. Para nuestra investigación nos interesan los modelos *One-Way* ANOVA, ya que compararemos una categoría de variables independientes. El test ANOVA se basa en la observación simple de las medias, basándose en extender el *Two-Sample* t-test a tres o más grupos (Heiberger y Neuwirth, 2009; Ross y Willson, 2017). El *Two-Sample* t-test (Snedecor y William, 1989) sirve para evaluar si la media de dos poblaciones es igual. Por lo tanto, rechazar la hipótesis nula significa que al menos uno de los grupos proviene de una población con diferente media. Para conocer concretamente qué grupo o grupos provienen de una población con diferente media hay que recurrir a metodologías *post hoc* como Scheffe (Scheffé, 1959), Tukey-Kramer (Tukey, 1949) o Bonferroni (Bonferroni, 1936). La metodología *One-Way* ANOVA ha sido previamente utilizada en el estudio del EEG (Adeli, Ghosh-Dastidar y Dadmehr, 2008) incluso en neurocinemática (Martín-Pascual, 2016), por lo que consideramos supone una forma de análisis adecuada para determinar, en nuestro caso, si las respuestas de los sujetos frente al estímulo de los diferentes tipos de corte serán similares o por el contrario será posible determinar la existencia de respuestas neurales diferenciadas debido a las diferentes tipologías de corte en alguna de las clasificaciones utilizadas.

El análisis de varianza Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis, 1952) es un método no paramétrico cuya hipótesis nula indica que los grupos de datos provienen de la misma población. Para ello, compara las medianas de los diferentes grupos para determinar con qué probabilidad provienen de la misma población. Por lo tanto, rechazar la hipótesis nula nos

⁵² Una prueba t-test o t de Student es una comparativa entre dos muestras (*Two-Sample*) en la que la hipótesis nula es cierta cumple una distribución de Student basándose en la desviación típica de las muestras en lugar de en su valor real y asumiendo normalidad de la inferencia (Gosset, 1908a; 1908b). Fue una metodología estadística desarrollada por Gosset para monitorizar la calidad de la cerveza Guinness y la publicó bajo el seudónimo de Student para mantener el secreto de los procesos industriales de la fábrica Guinness (Box, 1987; Hotelling, 1930).

indica que al menos uno de los grupos no proviene de la misma población. Para poder determinar qué grupo o grupos no provienen de la misma población hay que recurrir a un método *post hoc* de comparación múltiple. La diferencia entre Kruskal-Wallis y *One-Way* ANOVA es que Kruskal-Wallis utiliza rangos de datos en lugar de valores numéricos y en lugar de utilizar la distribución de probabilidad F de Fisher se utiliza la distribución de probabilidad chi cuadrado. Por lo tanto, la forma de determinar la igualdad entre las medianas se basa en definir su ajuste a una distribución de probabilidad continua de chi cuadrado. Se utiliza el método Kruskal-Wallis cuando no se puede aplicar la U de Mann-Whitney porque hay más de dos grupos a comparar (McKight y Najab, 2010). En nuestro caso optamos por Kruskal-Wallis ya que los grupos a comparar son las categorías de cada taxonomía de corte definidas en G1 (tabla 5) y G2 (tabla 6), por lo que necesitamos métodos que puedan comparar más de dos grupos. La prueba de U de Mann-Whitney puede aplicarse tanto a variables ordinales como continuas y fue propuesta por Wilcoxon (1946) primero para muestras de igual tamaño y después por Mann y Whitney (1947) para muestras de tamaño arbitrario. El método no paramétrico de análisis de varianza Kruskal-Wallis es utilizado en neurociencia para diversos estudios (Dalmau *et al.*, 2008; Wulff-Abramsson y Bruni, 2017). Debido a que la naturaleza del registro neuronal no permite asumir normalidad a priori en la distribución de las muestras electroencefalográficas, recurrimos a métodos no paramétricos de análisis de varianza como es Kruskal-Wallis.

El método *post hoc* que aplicamos tras Kruskal-Wallis es el test de Tukey-Kramer o HSD (*honest significance test*). Este método de comparación múltiple definido por John Tukey (1949) se aplica después de haber realizado el análisis de varianza. Una vez aplicado el análisis de varianza, conocemos que hay grupos que rechazan la hipótesis nula, indicándonos que uno o varios grupos se alejan de la distribución esperada. Las pruebas de comparación múltiple permiten conocer qué grupos son los que producen esta situación. El test de comparación

múltiple realiza comparaciones por parejas y si rechaza la hipótesis nula significa que existen diferencias significativas entre ambos grupos. El método de Tukey-Kramer se basa en comparar todos los posibles pares de medias entre los diferentes grupos y su ajuste a una distribución muestral. Tukey-Kramer se utiliza para realizar análisis de comparación múltiple en diversos estudios sobre el EEG (Lin y John, 2006; Montuori, 2001).

Aplicar el método de comparación Kruskal-Wallis entre diferentes ASC nos permite trabajar con condiciones de comparación y agrupaciones de vectores. Podemos comparar así un mismo tipo de cambio de plano por corte, utilizando los valores de todos los films que lo incluyan, con el resto de los tipos de corte utilizando igualmente los valores de todos los films que los incluyan. Es decir, agrupamos los vectores correspondientes a una ventana temporal en un electrodo y banda de frecuencia de un tipo de corte para todos los fragmentos audiovisuales y comparamos este grupo con el grupo equivalente que contiene los valores registrados como reacción a otro tipo de corte. De esta forma (ecuación 17), tanto para los cortes agrupados por G1 como para los agrupados por G2 para cada banda de frecuencia (j), la comparación por Kruskal-Wallis se produce entre las matrices de cada tipo de corte (M_h^j) que agrupan submatrices ($SubM_i^j$) con las muestras de *power change* de todos los fragmentos audiovisuales que contienen el tipo de corte h referido ($\forall i \in [1,4]: h \subset i$) con los vectores de las ventanas temporales para cada electrodo (vE_kVT_z).

$$M_h^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)) \quad (17)$$

Para poder trabajar de forma masiva y automatizada a lo largo de todas las señales ASC, utilizamos el método seguido para localizar los patrones comunes a todo tipo de corte de convertir la información de las comparaciones en booleana, siendo 1 cuando obtengamos un resultado positivo y 0 para el resto. Siguiendo esta metodología, cuando obtengamos por

Kruskal-Wallis un $p < 0.05$ nos indicará que al menos uno de los grupos de las taxonomías muestra una reacción diferente al resto (Ostertagová, Ostertag y Kováč, 2014), por lo que le asignamos el valor de 1. El proceso queda reflejado en la ecuación 18.

$$\begin{aligned}
 & KW_{ASCg1}^j [M_1^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)); M_2^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)); \dots; M_{24}^j(SubM_i^j(vE_kVT_z))] \begin{cases} \nearrow Si p < 0.05 \rightarrow KW_{ASCg1}^j(E_kVT_z) = 1 \\ \searrow Si p \geq 0.05 \rightarrow KW_{ASCg1}^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases} \\
 & KW_{ASCg2}^j [M_1^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)); M_2^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)); \dots; M_{29}^j(SubM_i^j(vE_kVT_z))] \begin{cases} \nearrow Si p < 0.05 \rightarrow KW_{ASCg2}^j(E_kVT_z) = 1 \\ \searrow Si p \geq 0.05 \rightarrow KW_{ASCg2}^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{18}$$

La comparación por medio de Kruskal-Wallis entre tipos de corte nos indica que al menos un tipo de corte muestra diferencias con el resto en la ventana temporal analizada, sin embargo, el hecho de que una sola categoría taxonómica de corte sea diferente al resto no es indicador suficiente de un resultado representativo, por lo que necesitamos conocer la cantidad de diferencias entre categorías taxonómicas de corte que lo hacen un resultado representativo. Por ello aplicamos *post hoc* el método de comparación múltiple Tukey-Kramer, que determinará entre que grupos de las taxonomías se está produciendo la diferencia. De esta forma, cuando por Tukey-Kramer obtengamos un $p < 0.05$ (Breedlove *et al.*, 2012; Levenson *et al.*, 2002) en una comparativa entre dos tipos de corte h y h' pertenecientes a los ASC de G1 ($\forall h, h' \in [1, 24]: h \neq h'$) o G2 ($\forall h, h' \in [1, 29]: h \neq h'$) para una misma banda de frecuencia j ($\forall j \in [1, 15]$) en una misma ventana temporal y electrodo (vE_kVT_z) en todos los fragmentos audiovisuales (i) que contienen ese tipo de corte ($\forall i \in [1, 4]: h \subset i$), sabremos hasta qué punto esta discrepancia entre grupos de la taxonomía es anecdótica o refleja un comportamiento cognitivo diferenciado en respuesta al tipo de cambio de plano por corte.

Al ser Tukey-Kramer un método de aplicación *post hoc* tras el análisis de varianza, consideramos que existe la posibilidad de que al menos va a aparecer una relación en la comparación múltiple realizada por Tukey-Kramer, por lo que se indicara en matrices booleanas aquellas comparaciones donde la relación es $p < 0,05$ como 1 para su ventana temporal y electrodo correspondiente, dejando el resto de las posiciones de la matriz a 0 y de esta forma conocer entre qué cortes se está produciendo la variación. Con este procedimiento localizamos de forma concreta los pares de grupos de cada taxonomía en las que la respuesta neuronal al visionado presenta diferencias significativas para un determinado electrodo, ventana temporal y banda de frecuencia.

$$TK_{h,h'}^j [M_h^j(SubM_i^j(vE_kVT_z)); M_{h'}^j(SubM_i^j(vE_kVT_z))] \begin{cases} p < 0.05 \rightarrow TK_{h,h'}^j(E_kVT_z) = 1 \\ p \geq 0.05 \rightarrow TK_{h,h'}^j(E_kVT_z) = 0 \end{cases} \quad (19)$$

Si sumamos los resultados obtenidos en la ecuación 19 en las mismas ventanas temporales correspondientes a los mismos electrodos y bandas de frecuencia (j) entre los diferentes pares de tipos de corte (h, h') que se identifica una relación diferenciada, cuantificamos como de representativa es la diferencia en la matriz a la que llamamos *TKacum*. Esta operación de sumatorio matricial hay que realizarla por un lado para los cortes de G1 (*ASCg1*) y por otro lado para la clasificación de cortes G2 (*ASCg2*), como mostramos en la ecuación 20.

$$TKacum_{ASCg1}^j = \sum_{h,h' \in [1,24]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j \quad (20)$$

$$TKacum_{ASCg2}^j = \sum_{h,h' \in [1,29]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j$$

Al tener tipos de cortes con características similares, como por ejemplo corte en eje⁵³ de plano medio a primer plano y corte en eje de plano entero a plano medio, asumimos la

⁵³ Corte en eje implica un cambio de plano de acercamiento o alejamiento donde el centro de atención del encuadre se mantiene constante, por lo que tiene una nula o escasa variación de ángulo de cámara entre planos.

posibilidad de que la localización de reacciones diferenciadas entre ASC debido al tipo de corte mediante el análisis de comparación múltiple es posible que no suceda, por lo que todos los tipos de corte no van a mostrar un comportamiento diferenciado entre ellos. De la misma forma que tampoco es representativo que solo un tipo de corte muestre un comportamiento diferenciable al resto de tipos de corte. Debido a esta situación, debemos determinar cuántas detecciones de señales neuronales en una ventana temporal para un electrodo en una banda de frecuencia con comportamiento diferenciado debido al tipo de corte están indicándonos la existencia de un patrón de comportamiento específico dependiente al tipo de corte concreto. Solo de esta forma podremos determinar si los resultados obtenidos mediante Kruskal-Wallis y Tukey-Kramer son representativos y los tenemos en cuenta o no lo son y los descartamos.

Para definir el valor umbral que determine la cantidad de pares de tipos de corte diferenciados se puede considerar como excepcionalmente elevado en un mismo periodo temporal para una banda de frecuencia determinada, nos basamos en el estudio del *baseline* tal como hemos hecho para calcular el ángulo de pendiente representativo en el apartado 5.5. Siguiendo la misma idea, definimos el *baseline* como aquel conjunto de muestras consecutivas que está formado por ventanas temporales de 6 muestras del *power change* donde todas las muestras son previas al corte, es decir, tomamos las 11 primeras ventanas temporales deslizantes. Aplicamos la metodología Kruskal-Wallis y el método *post hoc* de comparación múltiple Tukey-Kramer para todos los pares de categorías durante la duración del *baseline* a través de ventanas deslizantes, excluyendo las ventanas que contienen datos tras el corte, y observamos la distribución de los resultados según el número de diferencias detectadas tras realizar el sumatorio de las diferencias detectadas definido en la ecuación 20. Como queremos analizar la excepcionalidad, nos interesa conocer a partir de qué número de señales diferenciadas existen menos del 95,45% de los 5.115 resultados posibles ($31E \times 15BF \times 11VT$), correspondiéndose a una desviación estándar de dos sigma. Al tener dos

agrupaciones de corte, realizamos el proceso por separado para G1 y G2, obtendremos dos valores diferentes. Concretamente definimos los umbrales en 6 o más categorías para G1 y 7 o más categorías para G2.

De esta forma, para G1 tomando como válidas las ventanas temporales que se detecten diferencias para más de 6 tipos de corte se descartan el 96,5% de las comparaciones múltiples y para G2 aceptando a partir de 7 diferenciaciones taxonómicas se descarta el 97,2%. Valores de coincidencias por debajo de los indicados no son válidos al buscar descartar como mínimo el 95,45% de los datos (dos sigma), por lo que se toman los valores indicados como los umbrales más adecuados y ajustados a nuestra metodología.

Definimos 6 (G1) y 7 (G2) como umbrales de significancia en relación a la cantidad de diferencias entre categorías de corte recurriendo al sistema de establecer un *threshold*, tal como se hace en tomografía para convertir un conjunto de valores en booleanos según su significancia (Sheppard, Sok y Averdunk, 2004; Drexler y Fujimoto, 2015). De esta forma cuando el número de cortes diferenciados detectados en una ventana temporal para un electrodo en una banda de frecuencia sea mayor o igual al umbral definido se indicará como 1 en la matriz resultante y el resto se anotarán como 0.

$$\begin{aligned}
 TKacum_{ASCg1}^j &= \sum_{h,h' \in [1,24]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j \begin{cases} \text{Si } \sum_{h,h' \in [1,24]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j(E_k VT_z) \geq Umbral_{g1} \rightarrow TKacum_{ASCg1}^j(E_k VT_z) = 1 \\ \text{Si } \sum_{h,h' \in [1,24]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j(E_k VT_z) < Umbral_{g1} \rightarrow TKacum_{ASCg1}^j(E_k VT_z) = 0 \end{cases} \\
 TKacum_{ASCg2}^j &= \sum_{h,h' \in [1,24]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j \begin{cases} \text{Si } \sum_{h,h' \in [1,29]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j(E_k VT_z) \geq Umbral_{g2} \rightarrow TKacum_{ASCg2}^j(E_k VT_z) = 1 \\ \text{Si } \sum_{h,h' \in [1,29]: h \neq h'} TK_{h,h'}^j(E_k VT_z) < Umbral_{g2} \rightarrow TKacum_{ASCg2}^j(E_k VT_z) = 0 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{21}$$

De esta forma ya podemos conocer aquellas ventanas temporales donde se producen para un electrodo en una banda de frecuencia diferencias representativas entre categorías taxonómicas de corte. Por ello y para garantizar que siempre que detectemos esta situación sea para resultados en los que la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis tiene resultados significativos ($p < 0.05$), como ya tenemos matrices booleanas en ambos casos y de la misma dimensión, multiplicamos las mismas posiciones matriciales ($\cdot x$) de los resultados obtenidos PW^j y $TKacum^j$ en la misma banda de frecuencia j para G1 y G2 (g). El objetivo de aplicar esta metodología *post hoc* de comparación múltiple, además de para conocer entre que grupos concretos se producen diferencias, como contraste de hipótesis, también eliminar posibles errores en los resultados obtenidos por el análisis de varianza al ser más exhaustiva (Katz y McSweeney, 1980).

$$Var_g^j = PW_g^j \cdot x TKacum_g^j \quad (22)$$

Mediante esta operación obtenemos la matriz *Var* como resultado, para cada banda de frecuencia j ($\forall j \in [1, 15]$) en el grupo de señales modelo ASC G1 y G2 (g). Esta matriz booleana tiene una dimensión 31x27 representando cada fila a un electrodo y cada columna a una ventana temporal. En estas matrices se pueden localizar todas aquellas ventanas donde detectamos diferencias representativas en el *power change* entre las señales de diferentes tipos de corte.

La aplicación de Kruskal-Wallis y el método de comparación múltiple *post hoc* Tukey-Kramer está determinada por la condición de que exista correlación y dependencia para ese electrodo, en una determinada venta temporal en una banda de frecuencia concreta para todos los films, descartando todos aquellos resultados que no muestren que la ventana temporal estudiada represente una reacción ante el evento común del corte. Al tener dos tipos de agrupaciones del corte se realizarán los mismos procesos para los cortes agrupados en G1 y los agrupados en G2. De esta forma eliminaremos de los resultados obtenidos en la matriz *Var*

todos aquellos que supongan variaciones entre el *power change* entre las señales clasificadas como diferentes tipos de corte pero que realmente no estén relacionadas con el evento de corte. Para realizar esta operación final en la metodología relativa al proceso de detectar las reacciones neuronales diferenciales entre los tipos de corte multiplicamos las mismas posiciones matriciales de las matrices *Var* y *DC* (procedente de la ecuación 10) en la misma banda de frecuencia *j* para G1 y G2 ($\forall g \in [1,2]$). Como para obtener la matriz *DC* y para obtener *Var* nos hemos basado en ventanas temporales de 6 muestras y matrices booleanas podemos combinarlas sin problemas. De esta forma obtenemos en la ecuación 23 la matriz final *VC* (variación al corte).

$$VC_g^j = Var_g^j . x DC^j \quad (23)$$

El resultado final es, para cada banda de frecuencia *j* ($\forall j \in [1,15]$), dos matrices VC_g^j , una para los cortes agrupados en G1 (VC_{ASCg1}^j) y otra para los cortes agrupados en G2 (VC_{ASCg2}^j). Estas matrices tienen una dimensión 31x27, donde cada fila representa un electrodo y cada columna una ventana temporal. En estas matrices podemos localizar gracias a sus valores booleanos indicados como 1 todas aquellas ventanas temporales donde existen reacciones en el *power change* diferenciadas entre los tipos de corte, pero al mismo tiempo consecuencia del cambio de plano por corte.

Para observar la distribución temporal de los resultados realizamos para G1 y para G2 por separado el sumatorio de las matrices VC_g^j de cada banda de frecuencia *j* y posteriormente sumamos las columnas de la matriz resultante. Por medio de esta operación obtenemos dos vectores *DD* (distribución de diferencias), uno para G1 (DD^{ASCg1}) y otro para G2 (DD^{ASCg2}) de dimensión 1x27, donde cada posición vectorial (VT_z) representa la acumulación de ventanas temporales donde en alguna banda de frecuencia ($j \forall j \in [1,15]$) para algún electrodo ($E_k \forall k \in [1,31]$) se produce una

reacción neuronal diferenciada dependiendo del tipo de corte observado por el espectador, siendo siempre consecuencia del propio cambio de plano.

$$DD_{31 \times 27}^g = \sum_{k=1}^{31} \sum_{j=1}^{15} VC_g^j (E_k VT_z) \quad (24)$$

Tras este último paso ya podemos conocer en qué instantes temporales se produce un mayor número de discrepancias en el procesamiento neuronal del espectador ante los elementos de cada categoría taxonómica de corte. Además, podemos conocer en qué electrodos y en qué rangos de frecuencias concretos se están produciendo estas discrepancias. Recuperando los resultados de aplicar Tukey-Kramer también podemos conocer entre qué tipos de corte se producen las diferencias más representativas y estudiar si se pueden agrupar según categorías taxonómicas con similitudes estructurales. Antes de proceder a extraer conclusiones sobre las reacciones neuronales que se diferencian dependiendo de los tipos de corte observados por el espectador, es necesario proceder a la comparación entre los resultados de los cortes agrupados en G1 y G2 para ver qué clasificación taxonómica se adecua más al sistema cognitivo.

5.7. Procedimientos para la búsqueda de relaciones entre diferentes electrodos y bandas de frecuencia en reacciones neuronales relacionadas con el corte

Un último aspecto a estudiar, del que obtendremos información relevante para conocer los mecanismos cognitivos de los sujetos ante los cambios de plano por corte, es localizar e identificar las reacciones neuronales relacionadas entre diferentes áreas corticales y diferentes bandas de frecuencia. Esta situación puede darse tanto en las detecciones de reacciones neuronales ante el corte independientemente de la categoría taxonómica del cambio de plano, como en las reacciones neuronales detectadas como relativas a los tipos de cambio de plano

concreto. Puede darse el caso en ambos planteamientos de que aparezca ante el estímulo del corte un grupo de electrodos que registren zonas neuronales que reaccionan de forma relacionada, de la misma forma que puede haber electrodos que registren reacciones neuronales dependientes en diferentes bandas de frecuencia. Este estudio se realiza tanto para las señales ASF y como para las ASC. La detección de zonas de excitación e inhibición neuronal ha sido ampliamente tratada en la literatura sobre el análisis de las reacciones cerebrales mediante ERD/ERS, y permite asociar las variaciones en las reacciones neuronales a tareas cognitivas de las que se conoce la relación entre la excitación e inhibición simultanea de determinadas partes del cerebro (Klimesch *et al.*, 1999; Krause *et al.*, 2000; Mölle *et al.*, 2002).

Para realizar este análisis utilizamos el análisis de varianza Kruskal-Wallis y el método *post hoc* de comparación múltiple Tukey-Kramer, estableciendo en este caso como condición de comparación el registro de cada electrodo en una determinada banda de frecuencia ($E_{k[1,31],j[1,15]}^{i[1,4]}$). Esto se opera junto con el test de permutación y la correlación de Spearman entre los diferentes films. De esta forma, por medio del análisis de varianza compararíamos los grupos del mismo electrodo (E_k) en la misma banda de frecuencia (j) para los 4 films i ($[E_{k,j}^1; E_{k,j}^2; E_{k,j}^3; E_{k,j}^4]$) con los grupos equivalentes en diferentes electrodos y/o bandas de frecuencia ($\forall k' \neq k \vee j' \neq j$).

$$TK_{k,k'}^{j,j'}[[E_{k,j}^1; E_{k,j}^2; E_{k,j}^3; E_{k,j}^4]; [E_{k',j'}^1; E_{k',j'}^2; E_{k',j'}^3; E_{k',j'}^4]] \begin{cases} p < 0.05 \rightarrow TK_{k,k'}^{j,j'}(VT_z) = 0 \\ p \geq 0.05 \rightarrow TK_{k,k'}^{j,j'}(VT_z) = 1 \end{cases} \quad (25)$$

Si descartamos aquellos electrodos que no tienen relación por Kruskal-Wallis, obtenemos un listado de todos los electrodos en los que existe la posibilidad de que estén teniendo lugar reacciones ante el corte de manera simultánea en una ventana temporal concreta. Si estos electrodos y bandas de frecuencia muestran que están reaccionado en respuesta al evento del corte, aplicando el procedimiento descrito en el apartado 5.5 mediante el uso de la correlación de

Spearman y el test de permutaciones entre los diferentes films para cada electrodo y banda de frecuencia, podemos saber cuándo las respuestas neuronales registradas por dos electrodos diferentes tienen relación entre ellas, obteniendo un mapa de las zonas neuronales y bandas de frecuencia sincronizadas en reacción al evento de corte. Gracias al método de comparación múltiple *post hoc* Tukey-Kramer podemos localizar con este planteamiento aquellos electrodos que se diferencian, por lo que estos son los que descartamos. Esta es la gran diferencia procedimental con el proceso definido en el apartado 5.6, ya que ahora nos interesa aceptar la hipótesis nula al buscar comportamientos relacionados en lugar de diferenciados.

Para realizar la comparativa entre diferentes electrodos podemos tomar dos posicionamientos dependiendo de la banda de frecuencia de comparación. Podemos analizar la comparación entre diferentes electrodos en la misma banda de frecuencia, entre un electrodo en diferentes bandas de frecuencia o entre diferentes electrodos en diferentes bandas de frecuencia. Siguiendo la misma estrategia definida en los apartados 5.5 y 5.6, procedemos a establecer un umbral en el p -valor obtenidos por Tukey-Kramer y a transformar los resultados de su operación en matrices booleanas. Como lo que nos interesa es que no se detecte variación entre los periodos temporales entre los electrodos y bandas de frecuencia comparados, en este caso concreto, asignaremos el valor 1 para $p > 0,05$ y 0 para $p \leq 0,05$, ya que nos interesa conocer cuándo no se produce variación.

$$TK_{k,k'}^{j,j'}[[E_{k,j}^1; E_{k,j}^2; E_{k,j}^3; E_{k,j}^4]; [E_{k',j'}^1; E_{k',j'}^2; E_{k',j'}^3; E_{k',j'}^4]] \begin{cases} \nearrow p < 0.05 \rightarrow TK_{k,k'}^{j,j'}(VT_Z) = 0 \\ \searrow p \geq 0.05 \rightarrow TK_{k,k'}^{j,j'}(VT_Z) = 1 \end{cases} \quad (26)$$

La forma de ejecutar este proceso, tal como se muestra en la ecuación 27, es muy similar al apartado 4.4 con la diferencia que aplicamos por separado Kruskal-Wallis para los ASF por un lado, para los ASC del G1 por otro y por último para los ASC del G2. El análisis de varianza, tal como hacemos en el apartado 5.6, lo aplicaremos únicamente sobre las

ventanas temporales, electrodos y bandas de frecuencia que muestren dependencia y correlación entre los diferentes films debido al evento del corte. Es decir, volvemos a recuperar los resultados del planteamiento procedimental expuesto en el apartado 5.5 donde aplicamos el test de permutaciones y la correlación de Spearman para los 4 ASF en cada banda de frecuencia, electrodo y ventana temporal. Para la definición del tamaño de las ventanas temporales deslizantes continuamos manteniendo las 6 muestras de *power change* tal como hemos aplicado en los apartados 5.5 y 5.6.

$$\text{Relacion electrodo/frecuencia}_{k,k'}^{j,j'} = TK_{k,k'}^{j,j'}(VT_z) \cdot x DC_k^j(VT_z) \cdot x DC_{k'}^{j'}(VT_z) \quad (27)$$

Los resultados de esta parte del estudio nos permiten analizar tanto los modelos de reacción neuronal ante el corte independientemente de su categoría taxonómica, como las variaciones de los modelos de reacción ante tipos de corte definidos. Al aplicar el procedimiento definido en los ASF conoceremos qué zonas neuronales y bandas de frecuencia tienen una fuerte dependencia en su reacción ante el hecho del cambio de plano por corte y al aplicarlo sobre los ASC descubriremos qué zonas neuronales y bandas de frecuencia están actuando relacionadas ante el corte participando en la diferenciación entre las categorías taxonómicas definidas.

6. Resultados obtenidos

Gracias al estudio de los datos obtenidos mediante los procedimientos descritos en el apartado anterior debemos determinar si el corte induce a un patrón de reacción neuronal que actúe como articulador de la narración fílmica. Es decir, por el propio hecho de haber un cambio de plano por corte se debe producir un patrón de respuesta neuronal que al mismo tiempo se diferencie entre los diferentes tipos de cambio de plano por corte. Para ello debemos primero localizar e identificar en los registros neuronales si el cambio de plano por corte desencadena patrones de reacción neuronal independientemente de sus características concretas. Además de esta primera condición, también debemos localizar e identificar diferencias en dichos patrones de reacción neuronal dependiendo del tipo de cambio de plano percibido por el espectador. Localizar e identificar estas similitudes y diferencias supone la resolución de los dos objetivos secundarios. La identificación de patrones comunes y diferenciales nos permitirán por un lado obtener conclusiones generales para el hecho del corte y por otro lado conclusiones específicas, propias de la tipología de cambio de plano. Confirmar o negar la detección de patrones cognitivos a través de la respuesta neuronal como consecuencia al evento de cambio de plano por corte es la condición necesaria para poder abordar la discusión del objetivo principal, la función del corte como articulador, y aportar así evidencias empíricas que permitan avanzar en la discusión sobre la existencia o no de un lenguaje cinematográfico. En el caso de que podamos afirmar los dos objetivos secundarios podremos confirmar el objetivo principal y definir el corte como un elemento responsable de la articulación fílmica.

Debido a que debemos responder a dos objetivos secundarios, los resultados respecto a estos se presentan en dos subapartados (6.1 y 6.2), uno para cada objetivo secundario. En un primer apartado, el 6.1, se presentan los resultados obtenidos de aplicar las metodologías del test de permutaciones, correlación de Spearman y pendientes sobre los ASF, definidas en el

apartado 5.5, por lo que exponemos los resultados relativos al corte sin diferenciar entre tipologías de cambio de plano, incluyendo la correlación entre electrodos en la misma o diferentes bandas, definido en el apartado 5.7. En el apartado 6.2 se describen los resultados obtenidos al aplicar las metodologías de Kruskal-Wallis y Tukey-Kramer entre los diferentes grupos de las dos taxonomías de corte G1 y G2 para las ventanas temporales donde se ha detectado correlación y dependencia al corte, como se define en el apartado 5.6, por lo que describimos los resultados relativos a la diferencias neuronales percibidas debido a la categoría taxonómica concreta del cambio de plano, junto con las correlaciones entre electrodos en la misma o diferentes bandas entre diferentes tipos de corte, como se define en el apartado 5.5.

6.1. Localización e identificación de patrones comunes a todo tipo de corte

Los datos obtenidos a partir de la fase experimental siguiendo la metodología planteada nos permiten localizar y determinar qué electrodos, en qué ventana temporal y para qué rango de frecuencia aparece registrada actividad neuronal desencadenada por el evento del corte y nos posibilitan identificar cuáles de estas reacciones son las más importantes en cuanto a la variación de los ritmos neuronales. Para poder detectar en qué instantes y en qué zonas cerebrales apreciamos actividad vinculada al cambio de plano en el segundo posterior al corte analizamos la distribución de aquellas respuestas definidas como positivas en el conjunto de los seis pares de comparaciones entre los cuatro ASF en cada electrodo y banda de frecuencia a lo largo de las ventanas deslizantes del muestreo temporal. Siguiendo la metodología descrita en el apartado 4.3 mediante el procedimiento descrito en el apartado 5.5 hemos analizado el *power change* en cada uno de los 4 ASF a través 12.555 ventanas temporales (27VT x 31E x 15BF), revisando 27 ventanas temporales en cada uno de los 31 electrodos para los 15 rangos de frecuencia definidos. Por medio de este análisis hemos localizado que 128 ventanas temporales tienen una estructura de dependencia y correlación en los 4 ASF (las mismas 128

ventanas temporales en los 4 ASF) y en 33 de estas ventanas la evolución temporal del *power change* muestra una pendiente con una inclinación por encima de la media calculada en el apartado 5.5 en los 4 ASF (las mismas 33 ventanas en los 4 ASF). Las respuestas positivas localizadas tienen una distribución temporal que muestra concentraciones acotadas en intervalos temporales, electrodos y bandas de frecuencia, ya que aparecen concentraciones temporales de reacciones tras el corte en bandas de frecuencia determinadas y electrodos concretos, como veremos a lo largo de este apartado. En la metodología diseñada, primero identificamos todas aquellas ventanas temporales que registren comportamientos neuronales dependientes al cambio de plano por corte y después procedemos a seleccionar de todos los resultados obtenidos aquellos que supongan procesos representativos de sincronización o desincronización. Los primeros resultados nos permiten identificar un patrón de comportamiento neuronal común ante el evento del corte y los segundos identificar los procesos neuronales que se desencadenan debido al cambio de plano. Por ello dividimos los resultados obtenidos en la localización e identificación de patrones comunes a todo tipo de corte en dos apartados, un primero centrado en localizar el comportamiento común ante el cambio de plano y un segundo apartado centrado en identificar los procesos neuronales de excitación e inhibición que se desencadenan.

6.1.1. Comportamiento neuronal ante el cambio de plano por corte

Para tener una visión general de los resultados, analizamos la distribución de las ventanas temporales en las que se detecta actividad neuronal dependiente al corte en los 4 ASF después de aplicar a los datos obtenidos el test de permutaciones y la correlación de Spearman, como se indica en el apartado 4.3. Este punto intermedio en la búsqueda de las ventanas temporales que muestran una reacción neuronal común al evento del corte en los cuatro fragmentos, previo al estudio de las pendientes, nos permite analizar en qué ventanas temporales existe una relación ente el evento de corte y una determinada zona neuronal en una banda de frecuencia concreta.

La distribución de los resultados positivos a lo largo de las ventanas temporales de 6 muestras se representa en la figura 18. Esta figura nos permite visualizar los instantes de tiempo en los que se produce dependencia y correlación en la respuesta neuronal entre los 4 ASF, mostrando el número de electrodos por banda de frecuencia que muestran respuestas relacionadas al evento del corte. En la figura 18 representamos las reacciones detectadas a lo largo de los dos segundos estudiados (uno previo y otro posterior al corte) para comprobar que las detecciones se concentran tras el instante corte. Este proceso se aplica en los dos segundos registrados ya que los resultados deben concentrarse tras el cambio de plano para ser fiables y sólidos. Gracias a este procedimiento, podemos en primer lugar, comprobar que efectivamente se produce una dependencia al evento del corte en la señal neuronal registrada y, en segundo lugar, localizar en qué rangos temporales se tiende a producir esta dependencia. Dado que las ventanas deslizantes recogen ventanas temporales de seis muestras consecutivas del *power change*, los resultados aparecen como positivos justo en las dos ventanas anteriores a la centrada en el instante de corte (0 ms). Esto se debe a que estas dos ventanas temporales recogen resultados influidos por las muestras del *power change* posteriores al corte. El instante marcado como 0 ms corresponde a la ventana temporal número 14, conformada por tres muestras temporales previas al corte y tres muestras temporales posteriores, la ventana temporal 13 tiene 2 muestras tras el corte y la ventana 12 tiene una muestra del *power change* tras el cambio de plano.

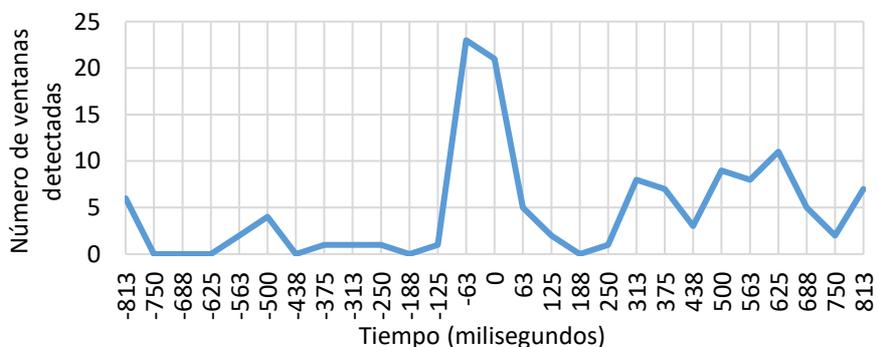


Figura 18. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como respuestas al corte.

Apreciamos en la figura 18 como se acumula gran concentración de respuestas neuronales relacionadas al evento del corte alrededor del momento del cambio de plano. Además de esta zona de acumulación apreciamos otros dos periodos temporales que muestran actividad significativa; uno es entre 250 ms y 438 ms y otro entre 438 ms y 750 ms. Por último, se aprecia una tendencia de crecimiento a partir de 750 ms hasta el final de la muestra.

En la ventana temporal centrada en -125 ms solo existe un resultado positivo, mientras que en la ventana centrada en -188 ms todos los resultados indican que no existe relación entre el corte y la reacción neuronal en esta ventana temporal. La ventana temporal centrada en -125 ms contiene una muestra del *power change* tras el corte, mientras que la centrada en -188 no abarca muestras tras el corte. Teniendo en cuenta que las ventanas temporales son de 6 muestras y que el punto con mayor número de resultados positivos es en la ventana temporal centrada en -63 ms seguida de 0 y que hay un gran descenso para 63 ms, podemos deducir que la zona donde se localiza esta gran dependencia entre la relación neuronal y el evento del corte es en las dos primeras muestras tras el corte. Es decir, entre 0 y 125 ms. Este resultado implica una detección efectiva del evento del corte a través de los datos registrados en el electroencefalograma.

Tras aplicar al conjunto de la muestra el procedimiento descrito en el apartado 5.5, encontramos que las 128 ventanas temporales del *power change* localizadas que muestran una relación de dependencia y correlación para el mismo instante para el mismo electrodo y banda en los 4 ASF suponen un 1,02% de las ventanas deslizantes analizadas, de las cuales el 88,25% de estas ventanas contienen muestras del *power change* tras el corte. Se sospecha que parte de los resultados detectados como positivos en ventanas deslizantes formadas por muestras del *power change* anteriores al corte (17,75%) puedan deberse a que la media de duración de plano en el film *Bonnie and Clyde* y en *Whiplash* sean de 1235 ms y 1520 ms respectivamente, pudiendo influenciar en las muestras del *power change* de los ASF correspondientes a estos dos

films alrededor de los -1000 ms antes del corte (*baseline*) con el evento del corte previo. Concretamente, de los 15 resultados obtenidos como positivos cuyas ventanas no tienen muestras del *power change* tras el corte en el análisis de dependencias y correlaciones, 6 resultados se localizan en la primera ventana temporal (figura 19) y tras estudiar las pendientes de estos, resultados que analizaremos más a fondo en el apartado siguiente, el único resultado que se obtiene como positivo en ventanas temporales que no contengan muestras del *power change* tras el corte está también en la primera ventana temporal (figura 20). Como se puede apreciar en la figura 20, estos resultados detectados previos al cambio de plano por corte prácticamente desaparecerán en los resultados tras aplicar el análisis de pendientes (resultados analizados en el apartado 6.1.2).

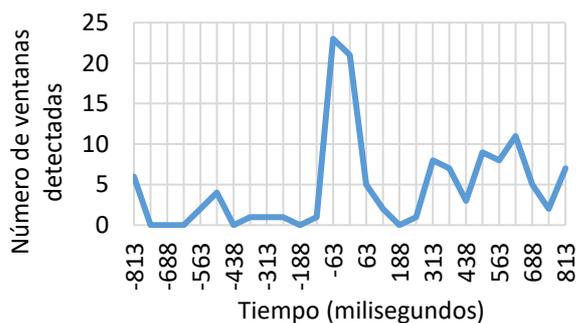


Figura 19. Distribución de ventanas deslizantes detectadas que no contienen muestras tras el cambio de plano.

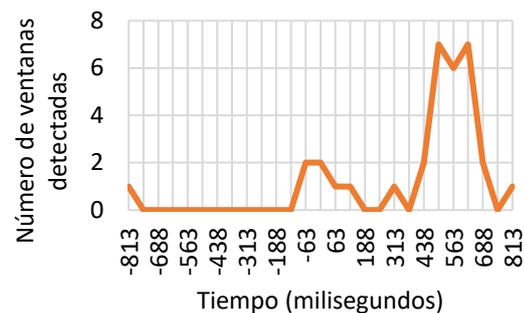


Figura 20. Distribución de ventanas deslizantes detectadas que no contienen muestras tras el cambio de plano al aplicar el análisis de las pendientes.

El análisis de los resultados obtenidos de aplicar el test de distribución y la correlación de Spearman que muestran dependencia al cambio de plano por corte (figura 18), según el rango de frecuencia donde se localicen las ventanas temporales detectadas, muestra concentraciones en los rangos de frecuencia Delta y Theta. La temporización de las respuestas neuronales en Delta y Theta ante el evento de corte presentan diferencias claras en su distribución, tal como podemos observar en la figura 21 y la figura 22. Se pueden apreciar dos tendencias de comportamiento claro y diferenciado, uno para los rangos de frecuencia abarcados por Delta (figura 22) y otro para los rangos de frecuencia abarcados por Theta (figura 21).

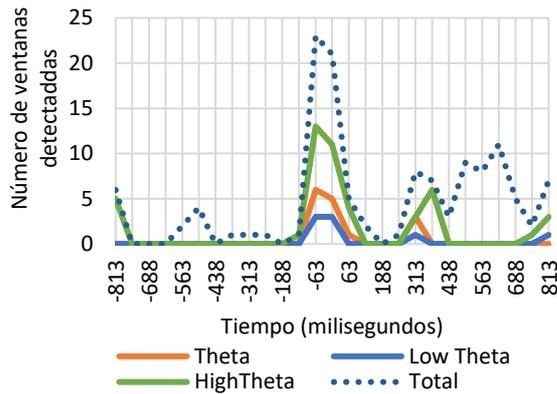


Figura 21. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como repuestas al corte en las bandas de frecuencia Theta.

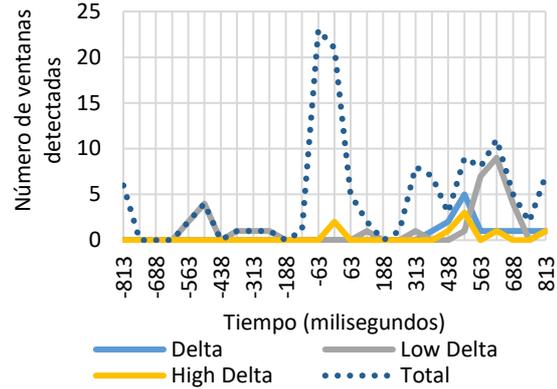


Figura 22. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como repuestas al corte en las bandas de frecuencia Delta.

Analizando cómo se distribuyen los resultados positivos detectados a lo largo de las ventanas temporales en respuesta ante el evento del corte en los diferentes electrodos dependiendo de las bandas de frecuencia, podemos localizar acumulaciones de resultados en determinadas frecuencias y ventanas temporales. Así, detectamos reacciones en la banda de frecuencia Theta durante los primeros 125 ms tras el corte, entre 254 ms y 438 ms, y en menor manera, al final de la muestra a partir de 688 ms. Por otro lado, las reacciones neuronales en las frecuencias Delta aparecen relacionadas al evento del corte entre 500 ms y 688 ms, especialmente en Low Delta.

Tal como hemos explicado en el apartado 4.5 de la metodología, una vez localizadas las ventanas temporales de reacción neuronal relacionada con el evento de cambio de plano por corte, realizamos el análisis ERD/ERS para poder conocer qué tipo de proceso cerebral está teniendo lugar. El análisis de los ritmos neuronales ERD/ERS en los rangos de frecuencia Theta nos indica que la reacción neuronal detectada en los primeros instantes tras el corte y al final de la muestra es una sincronización en los ritmos neuronales, mientras que en el periodo entre 254 ms y 438 ms se produce una desincronización. El estudio del ERD/ERS en los rangos de frecuencia Delta en los electrodos detectados entre 500 ms y 688 ms muestra una desincronización en sus ritmos neuronales.

Si estudiamos las reacciones neuronales registradas como dependientes al corte en su distribución espacial según a qué electrodos se correspondan, en las frecuencias Theta para los primeros 125 ms tras el corte muestran una concentración en la zona parietal en los electrodos P7 (Theta, Low Theta y High Theta), P5 (Theta, Low Theta y High Theta), P3 (Theta, Low Theta y High Theta), Pz (Theta, High Theta), P6 (Theta y High Theta) y P4 (High Theta) y en High Theta se detecta también reacción al corte en la zona media del lóbulo frontal (Fz y F4), frontal central (Fc1 y Fc2) y central (Cz), y en la zona media occipital (O1 y Oz). Concretamente en las bandas de frecuencia Theta y Low Theta, durante este periodo, se detecta una lateralización izquierda en los electrodos que muestran sincronización desencadenada por el evento del corte. A modo de ejemplo podemos observar en la figura 23 y la figura 24 cómo los electrodos Oz y Pz, que muestran una respuesta neuronal relacionada al evento del corte en el periodo de entre 0 ms y 313 ms en las frecuencias High Theta, reflejan una sincronización en los ritmos neuronales.

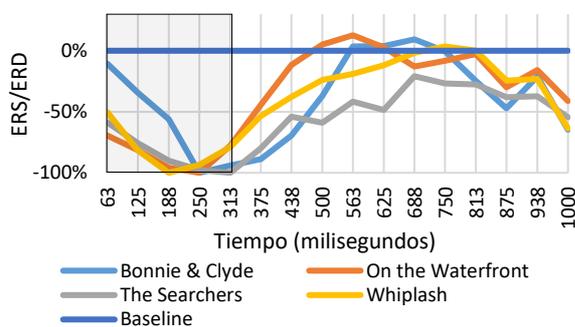


Figura 23. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia High Theta.

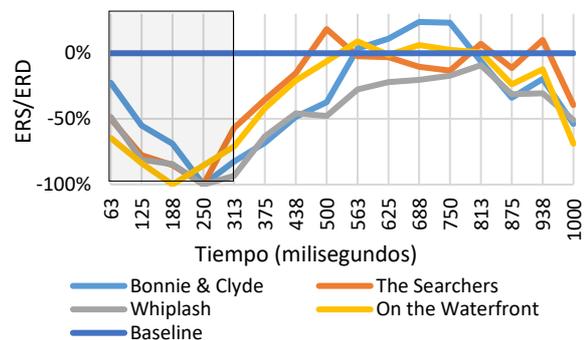


Figura 24. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Oz en la banda de frecuencia High Theta.

Entre 250 ms y 438 ms las correlaciones en Theta se producen principalmente en el hemisferio derecho en los electrodos F8 (Theta y High Theta), Fc2 (High Theta), C6 (Theta), P6 (Low Theta), Pz (High Theta) y P7 (Theta y High Theta), y en la zona occipital en los electrodos O1 (High Theta) y Oz (High Theta) mostrando una tendencia a la desincronización en todos. Al final de la muestra de *power change* analizada (688 ms – 1000 ms) aparecen reacciones neuronales dependientes al corte en los rangos de frecuencia Theta con tendencia a

la sincronización, concretamente para Low Theta en la zona frontopolar derecha (FP2), para High Theta en ambos laterales de la zona frontal (F4 y F8) y también en High Theta en la zona temporal izquierda (T7). Los resultados en las bandas de frecuencia Delta que se determinan como dependientes del evento del corte entre 500 ms y 688 ms muestran tendencia a la desincronización y se concentran en la zona parietal (P5, P3, Pz, P2 y P4) y occipital (Oz). Para la banda de frecuencia Low Delta, donde más resultados positivos se localizan, se muestra en reacción al corte la parte media del córtex, recorriendo las zonas frontales (F3 y Fz), frontocentral (Fc1 y Fc2) central (C3, Cz y C4) y parietal (P5, Pz, P4 y P6). Las detecciones halladas nos permiten establecer un patrón de comportamiento neuronal común ante todo tipo de corte, localizando ciertas bandas de frecuencia y zonas del córtex cerebral que reflejan funciones neuronales relacionadas con los procesos cognitivos del cambio de plano por corte.

A continuación exponemos en la tabla 10 todos los resultados obtenidos en la búsqueda de electrodos y bandas de frecuencia que muestran a lo largo del tiempo un comportamiento neuronal desencadenado por el cambio de plano por corte:

Tabla 10: *Reacciones neuronales desencadenadas detectadas desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte.*

Electrodo	0 ms - 250 ms	250 ms - 500 ms	500 ms - 688 ms	688 ms - 1000 ms
Fp2				Low Theta
F3			Low Delta	
Fz	High Theta		Low Delta	
F4	High Theta			High Theta
F8		Theta / High Theta		High Theta
Fc1	High Theta		Low Delta / High Delta	
Fc2	High Theta	High Theta	Low Delta	
C3			Low Delta	
Cz	High Theta		Low Delta	
C4			Low Delta	
C6	High Theta	Theta		
P7	Theta / Low Theta / High Theta	Theta / High Theta	Delta	
P5	Theta / Low Theta / High Theta		Delta / Low Delta / High Delta	
P3	Theta / Low Theta / High Theta		Delta / Low Delta / High Delta	
Pz	Theta / High Theta	High Theta	Delta / Low Delta	
P2			Delta	
P4	High Theta		Delta / Low Delta	
P6	Theta / High Theta	Low Theta	Low Delta	
T7				High Theta
O1	High Theta	High Theta		
Oz	High Theta	High Theta	Delta / High Delta	
	SINCRONIZACIÓN	DESINCRONIZACIÓN	DESINCRONIZACIÓN	SINCRONIZACIÓN

6.1.2. Procesos neuronales de excitación e inhibición desencadenados por el corte

Llegados a este punto de la descripción de resultados, hemos analizado los resultados obtenidos por medio de la metodología definida para localizar y determinar qué zonas del cerebro y en qué bandas de frecuencia responden ante el evento del corte en determinadas ventanas temporales. El siguiente paso siguiendo la metodología expuesta en el apartado 4.3, es extraer entre los resultados de todas las ventanas temporales detectadas como dependientes al input del cambio de plano, en cuáles se producen variaciones significativas en el *power change* estudiando la evolución de las muestras en forma de pendientes. De esta forma localizaremos e identificaremos procesos de sincronización o desincronización significativos en los ritmos neuronales (ERD/ERS) producidos tras el evento del cambio de plano por corte. Aplicando a los 4 ASF únicamente el procedimiento del test de permutaciones y del test de correlaciones de Spearman ya obtenemos resultados significativos, localizando qué zonas neuronales en qué bandas de frecuencia y en qué instantes están reaccionando ante el estímulo del corte, pero al completar la metodología con el análisis de pendientes podemos profundizar más en los resultados y detectar cuáles son concretamente las reacciones neuronales más significativas en el proceso cognitivo del espectador que conlleva el cambio de plano por corte.

El resultado final determina qué ventanas temporales, en qué electrodos y en qué bandas de frecuencia se produce una variación significativa en el *power change* como reacción al input del cambio de plano por corte. El resultado tras combinar los procesos del test de permutación, la correlación de Spearman y la detección de pendientes con las medias definidas como umbral ($\pm 19,95^\circ$ en ventanas de 6 muestras y $\pm 25,43^\circ$ para ventanas de 3), es la identificación de 33 ventanas temporales en los que en alguno de los 31 electrodos, en alguna de los 15 rangos de frecuencia establecidos. En las 33 ventanas temporales detectadas se detecta una variación representativa al mismo tiempo que muestra estructuras de dependencia y correlación entre el *power change* de los 4 ASF al analizar los 2 segundos alrededor del corte

a través de las 12.555 ventanas temporales posibles ($27Vt \times 15Bf \times 31E$) debido a transformar el EEG al dominio de la frecuencia. De estos 33 casos localizados, 32 se encuentran en ventanas temporales que contienen muestras tras el evento de corte, por lo que muestran relación con el cambio de plano. En la figura 25 puede verse como se distribuyen a lo largo del tiempo las ventanas localizadas que muestran dependencia y correlación entre los 4 ASF con pendientes representativas, en contraste con la distribución de las ventanas que únicamente tienen estructura de dependencia y correlación.

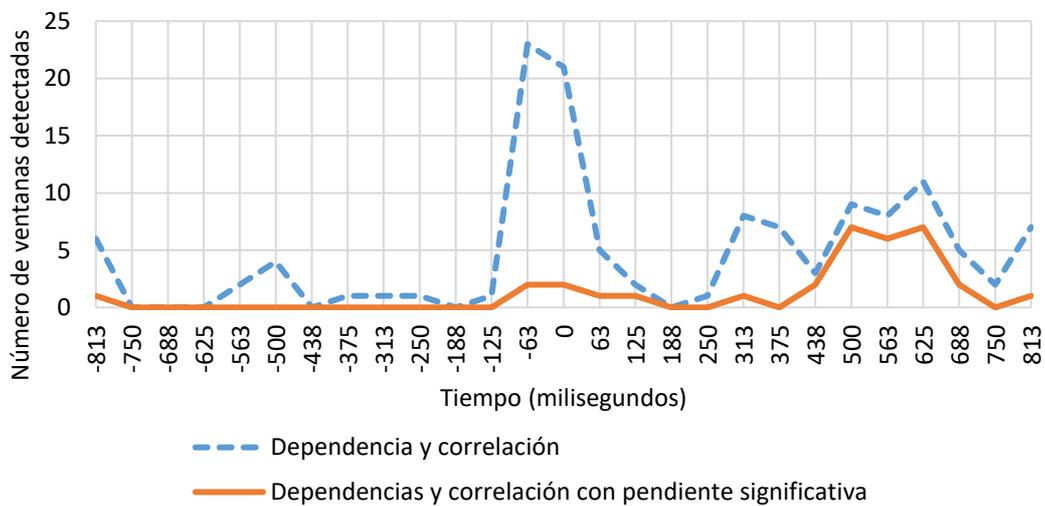


Figura 25. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como significativas en respuesta al corte.

Los resultados mostrados en la figura 25 tras aplicar el análisis de pendientes se distribuyen tras los primeros -125 ms, a partir de las ventanas temporales que contienen muestras de *power change* tras el evento de corte. La acumulación de ventanas temporales que muestran variación significativa en el *power change* en los diferentes electrodos para las diferentes bandas de frecuencia se produce concretamente en dos rangos temporales. Un rango temporal se localiza entre -63 ms y 63 ms y otro entre 375 ms y 750 ms. Identificamos en el total de los datos analizados a través del EEG que un 0,02% de las ventanas temporales estudiadas representan con gran certeza reacciones en el *power change* con variaciones

representativas relacionadas de forma directa al evento del cambio de plano. En comparación entre las ventanas detectadas que tienen una dependencia y correlación y las que además tienen variación representativa en la pendiente (figura 25), vemos que es entre 375 ms y 750 ms donde los resultados son más similares, mostrando también detecciones entre -63 ms y 63 ms, aunque con menos concentración que las detectadas en el apartado 6.1.1 para este mismo periodo. En la figura 26 pueden verse las variaciones representativas detectadas en el *power change* debidas al corte para todos los electrodos distribuidos en la línea temporal desglosado en sus rangos de frecuencia más representativos.

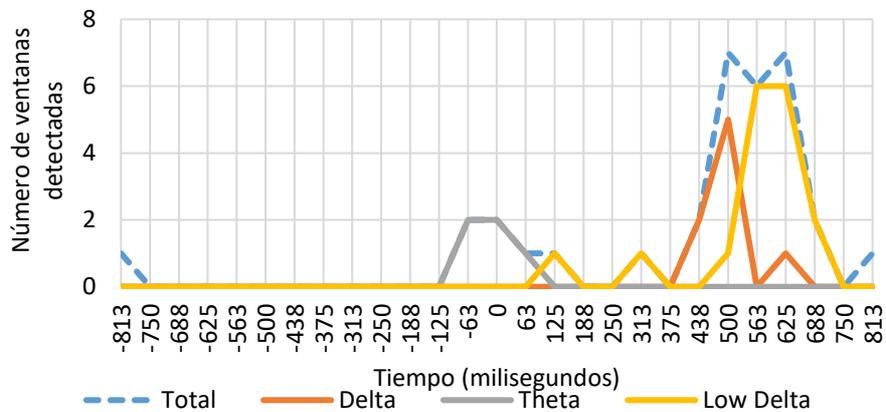


Figura 26. Distribución de las ventanas que tienen variaciones con pendientes monótonas y significativas en el *power change* en respuesta al corte.

En la figura 26 se aprecia una fuerte concentración de los resultados significativos en las frecuencias relacionadas con Delta entre 375 ms y 750 ms. En este intervalo la banda de frecuencia Delta tiene un incremento en 375 ms que finaliza en 563 ms con máximo en 500 ms, mientras que Low Delta muestra el incremento en 438 ms y finaliza en 750 ms, con máximo entre 563 ms y 625 ms. La banda de frecuencia Theta por su parte acumula las ventanas temporales localizadas como positivas en instante del cambio de plano, concretamente entre -63 ms y 63 ms.

En la figura 27, la figura 28 y la figura 31 se indican los electrodos en los que se detecta reacción representativa en cada periodo temporal y banda de frecuencia representados

en la figura 26. En cada figura relativa a la distribución de los electrodos se representan con tres colores el número de ventanas temporales deslizantes para el mismo electrodo en la misma banda de frecuencia donde se obtiene resultados positivos, siendo 3 el máximo (rojo) y 1 el mínimo (verde). Una vez detectados los electrodos que están reaccionando de forma significativa para determinada banda de frecuencia debido al evento del corte, en la figura 29, la figura 30 y la figura 32 podemos ver, gracias al estudio del ERD/ERS, qué tipo de variación suponen los resultados detectados en cuanto a los ritmos neuronales.

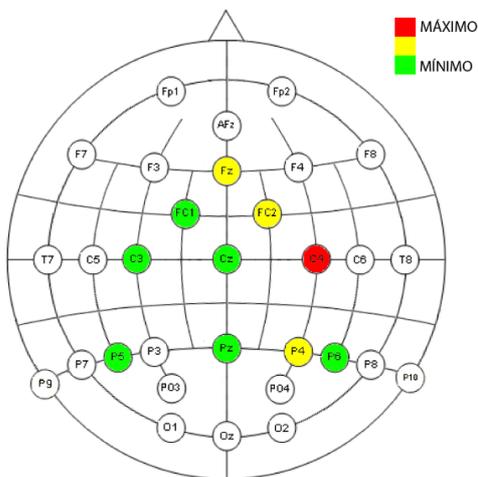


Figura 27. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el *power change* para los 4 ASF en Low Delta entre 438 ms y 750 ms.

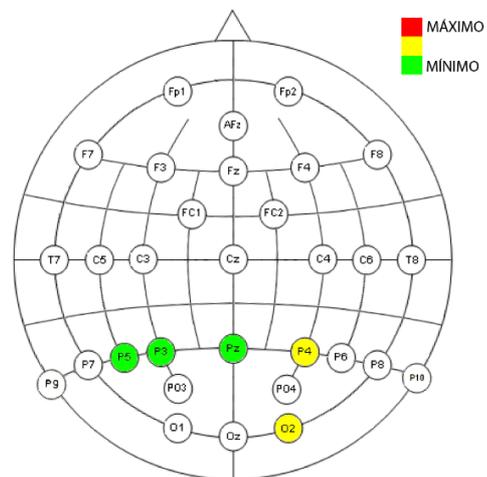


Figura 28. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el *power change* para los 4 ASF en Delta entre 375 ms y 563 ms.

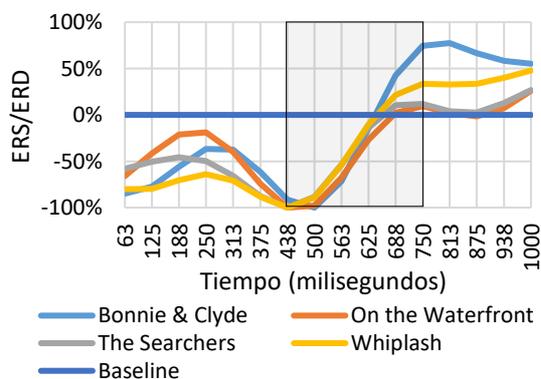


Figura 29. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo P4 en la banda de frecuencia Low Delta.

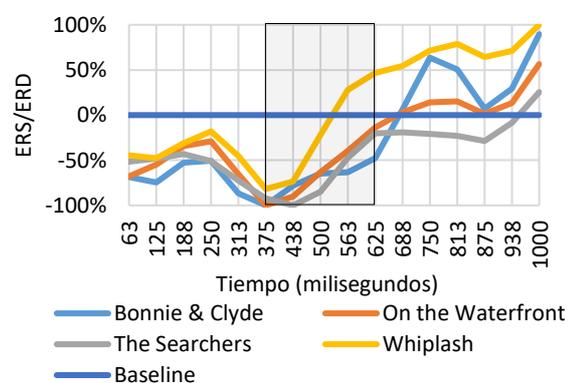


Figura 30. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia Delta.

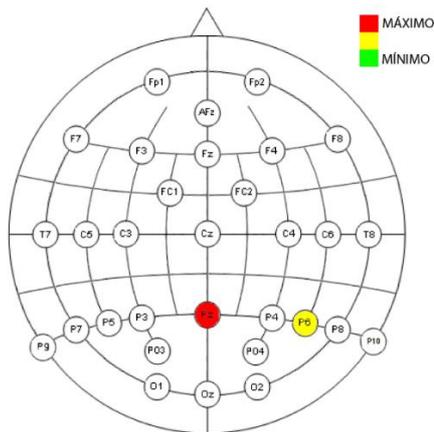


Figura 31. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el *power change* para los 4 ASF en Theta entre -63 ms y 63 ms.

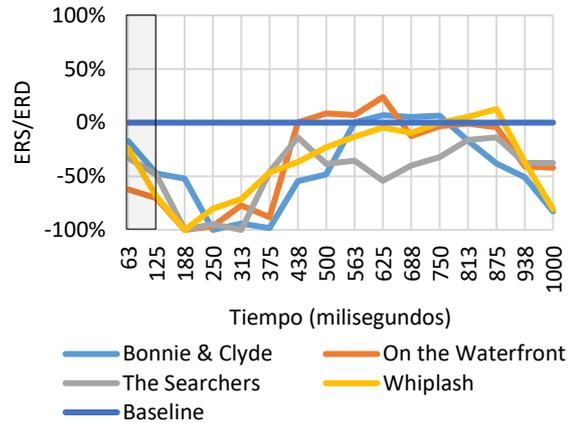


Figura 32. ERD/ERS de entre los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia Theta.

Como se aprecia en la figura 29 y la figura 30, en el tiempo entre 375 ms y 750 ms hay una tendencia a la desincronización para los rangos de frecuencia Delta y Low Delta. Los electrodos que registran estos resultados (figura 27 y figura 28) están distribuidos en la zona media parietal, concretamente en los electrodos P5, Pz y P4 en ambos rangos de frecuencia, P3 en Delta y P6 en Low Delta. Si nos centramos en el mapa cortical de los electrodos para la banda de frecuencia Low Delta (figura 27), que es el rango de frecuencias en el que se encuentran la mayor parte de los resultados durante el periodo temporal entre 438 ms y 750 ms, se extiende la localización de resultados positivos además de en la zona parietal por la zona media de las áreas frontal (Fz), frontocentral (Fc1 y Fc2) y central (C3, Cz y C4). Los resultados localizados en Theta se encuentran en las ventanas temporales centradas entre -63 ms y 63 ms, lo que supone ventanas temporales que incluyen muestras del *power change* hasta los primeros 250 ms. En este periodo aparece una tendencia a la sincronización en el ERD/ERS (figura 32) y los electrodos que registran resultados (figura 31) se encuentran en la zona parietal (Pz y P6).

Gracias a la metodología aplicada hemos podido no solo localizar los electrodos, periodos temporales y bandas de frecuencia donde existe correlación entre todos los ASF

debido al evento del cambio de plano, sino además hemos logrado identificar aquellos en los que se producen las variaciones más importantes en el *power change*, permitiéndonos conocer cómo varían los ritmos neuronales (ERD/ERS) cuando el cerebro del espectador procesa el cambio de plano por corte. Los resultados obtenidos mediante el ERD/ERS analizando sus variaciones, correlaciones y dependencias en el *power change* nos indican claros comportamientos neuronales que podemos relacionar al evento del corte como patrones de reacción ante el evento estudiado. A continuación en la tabla 11 se exponen los resultados obtenidos a modo de resumen.

Tabla 11: Reacciones neuronales desencadenadas detectadas desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte con procesos de sincronización o desincronización significativos.

Electrodo	0 ms - 188 ms	375 ms - 750 ms
Fz		Low Delta
Fc1		Low Delta
Fc2		Low Delta
C3		Low Delta
Cz		Low Delta
C4		Low Delta
P5		Delta / Low Delta
P3		Delta
Pz	Theta	Delta / Low Delta
P4		Delta / Low Delta
P6	Theta	Low Delta
Oz		Delta
	SINCRONIZACIÓN	DESINCRONIZACIÓN

6.2. Localización e identificación de patrones diferenciales entre tipologías de corte

Para cumplir el segundo objetivo secundario de localizar e identificar los patrones neuronales dependientes a la tipología concreta de cambio de plano por corte, tomamos en consideración los resultados que nos permiten analizar las variaciones entre los diferentes tipos de corte. Para ello aplicamos la metodología de análisis de varianza y comparación múltiple para localizar las diferencias entre los tipos de cambio de plano sobre los resultados de dependencia y correlaciones entre fragmentos fílmicos (4.4), de esta manera los resultados muestran

variaciones según el tipo concreto de cambio de plano y dependencia al hecho del corte. Una necesidad que surge para cumplir el objetivo secundario es poder definir una taxonomía como adecuada sobre la que realizar el análisis. Utilizar esta metodología nos obliga a partir de taxonomías previas definidas en el apartado 4.1.2 para determinar mediante el análisis comparativo si podemos reconocer a través de las reacciones de los espectadores procesos neuronales diferenciados respecto a las categorías de cada taxonomía. Por eso en nuestro caso, para poder determinarlo aplicamos el procedimiento a las dos taxonomías (G1 y G2) discutidas en la metodología. Para resolverlo comparamos los resultados obtenidos siguiendo las organizaciones taxonómicas G1 y G2 y partir de esta comparación determinaremos que agrupación taxonómica es más adecuada al sistema cognitivo.

La metodología Kruskal-Wallis junto con el método de comparación múltiple *post hoc* Tukey-Kramer aplicado sobre los ASC obtenidos a partir de las categorías de corte definidas en las taxonomías G1 o G2 nos permite localizar las ventanas temporales de cada electrodo por banda de frecuencia donde se producen un número significativo de diferencias entre categorías que podrían representar reacciones dependientes del evento del corte. Para diferenciar los casos que pueden depender del corte y los que no, combinamos esta metodología de análisis de varianza Kruskal-Wallis con el test de permutaciones y la correlación de Spearman sobre los ASF, que determina cuando las ventanas temporales de cada electrodo por banda de frecuencia están reaccionando de una forma correlacionada entre los diferentes films ante el evento del corte. Por último, por medio del método *post hoc* de comparación múltiple Tukey- Kramer sobre los ASC de G1 y G2, identificamos qué tipologías de corte están produciendo reacciones diferenciadas con concreción.

Los primeros resultados los obtenemos analizando cómo se acumulan las varianzas detectadas por Kruskal-Wallis según se representatividad estudiada mediante el análisis de comparación múltiple a lo largo del tiempo en todos los electrodos y bandas de frecuencia.

Para ello representamos este sumatorio por separado para los ASC pertenecientes a G1 y a G2, resultado de aplicar la ecuación 20.

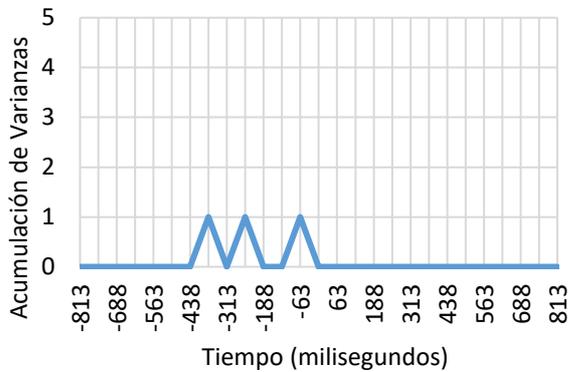


Figura 33. Análisis de varianza acumulada sobre los ASC correspondientes a G1 para ventanas temporales correlacionadas en ASF.

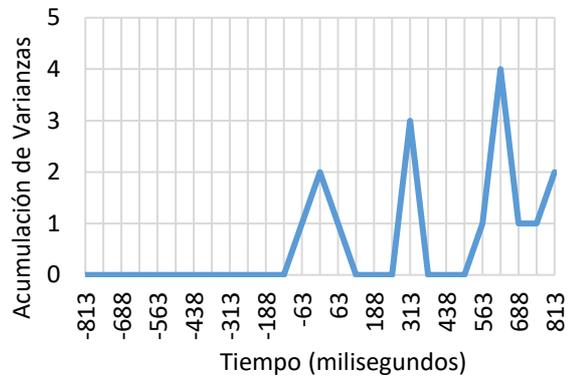


Figura 34. Análisis de varianza acumulada sobre los ASC correspondientes a G2 para ventanas temporales correlacionadas en ASF.

En la figura 33 y la figura 34 vemos claras diferencias en los resultados obtenidos a partir de los ASC agrupados para G1 y G2. Para la agrupación taxonómica G1 las varianzas representativas detectadas son muy escasas (3 casos) y dispersas, además de estar localizadas antes del instante de corte. Sin embargo, para G2 localizamos una pequeña zona de acumulación en el instante del corte, otra en 313 ms y una última de mayor densidad desde 500 ms hasta final de la muestra. Además, para G2 no se localizan varianzas dependientes antes del instante del corte, lo que muestra seguridad sobre los resultados obtenidos por su coherencia.

Con los resultados obtenidos no parece posible establecer diferencias en las respuestas neuronales detectadas frente a los diferentes tipos de cortes agrupados según la taxonomía G1, a diferencia de lo que si ocurre con los resultados obtenidos con la taxonomía G2 donde podemos localizar diferencias en las reacciones neuronales entre las diferentes categorías de cambio de plano. Esta situación implica que la categorización taxonómica definida en G2 es coherente con las diferenciaciones que se producen en el sistema cognitivo del espectador al visionar las diferentes categorías de cambio de plano por, a diferencia de lo que sucede para

G1. Por esto procedemos a analizar con más detalle los resultados obtenidos mediante las comparaciones entre las diferentes categorías de la taxonomía G2.

En la figura 35 podemos observar la distribución cortical de los electrodos que detectan varianzas en las reacciones neuronales debidas al cambio de plano por corte entre los grupos taxonómicos definidos en G2.

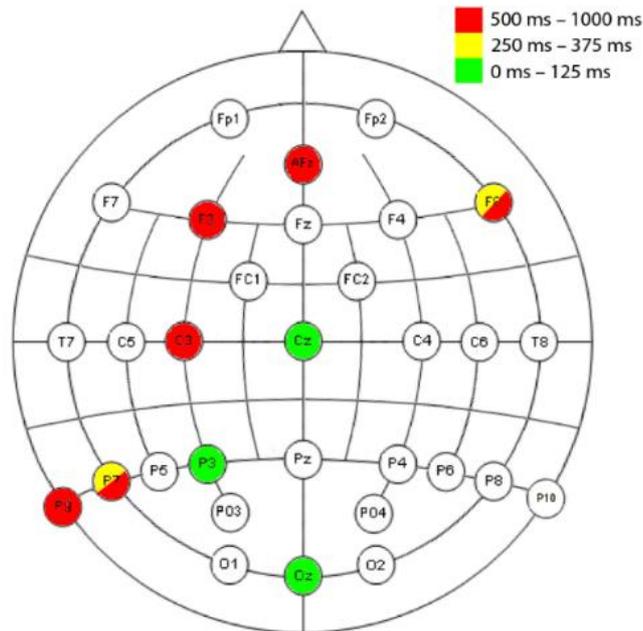


Figura 35. Mapa de distribución neuronal de las varianzas entre categorías de G2 detectadas en los tres rangos temporales definidos.

Como podemos apreciar en el mapa neuronal de la figura 35, la distribución de los electrodos que registran varianzas significativas en reacciones neuronales producidas por el corte entre categorías de G2 tiende a lateralizarse hacia el hemisferio izquierdo, concretamente en la zona parietal. En los primeros instantes (0-125 ms) se detectan las varianzas en la zona central y posterior (Cz y Oz), mientras que en el periodo final se detectan varianzas en zonas más frontales (F3, Afz, F8) y parietales (P9 y P7). En la tabla 12 podemos ver el desglose de los resultados según el rango de frecuencia al que se correspondan.

Tabla 12: Distribución de las varianzas detectadas entre categorías de G2 a lo largo del tiempo según banda de frecuencia.

Banda de frecuencia	0	63	125	188	250	313	375	438	500	563	625	688	750	813
Delta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Theta	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Low Delta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0	1
High Theta	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Total Acumulado	2	1	0	0	0	3	0	0	0	1	4	1	1	2

Nota. Ventanas deslizantes de 6 muestras centradas en el tiempo en milisegundos indicado en el encabezado.

Las bandas de frecuencia muestran una clara distribución de los resultados detectados a lo largo del tiempo según el rango de frecuencia al que correspondan, tal como podemos observar en la tabla 12. Mientras en los instantes iniciales podemos detectar varianzas significativas entre diferentes tipos de corte en High Theta y Theta, en la parte central solo aparecen varianzas en frecuencias Theta (Theta y High theta), mientras que en la parte final aparecen en frecuencias Delta (Delta y Low Delta), además de en el electrodo F8 en High Theta. Para el último periodo temporal aparecen varianzas con lateralización izquierda para las bandas de frecuencia Delta y en la zona frontal derecha para High Theta. Con respecto al ERD/ERS, las bandas de frecuencia Theta muestran sincronización entre 0 y 125 ms, desincronización entre 250 ms y 375 ms y sincronización en el periodo final de la muestra (813 ms – 1000 ms). Por su parte, las bandas de frecuencia Delta muestran en el ERD/ERS una tendencia a la desincronización entre 500 ms y 750 ms seguida de una tendencia hacia la sincronización hasta el final de la muestra (688 ms – 1000 ms). En el anexo 4 se adjuntan los desgloses de acumulación de varianzas para cada electrodo y banda de frecuencia a lo largo de las ventanas temporales y se compara con cómo reacciona cada ante el corte electrodo en la misma banda de frecuencia para cada uno de los ASC. De esta forma podemos ver cómo se comporta cada área neuronal en su procesamiento del cambio de plano en cada periodo temporal de forma específica dependiendo del tipo de cambio de plano concreto.

Una vez localizados los patrones de variación relativos al tipo de corte dependiendo de su tipología definida según la taxonomía G2, podemos proceder a identificar de entre qué categorías concretas se producen diferencias en la reacción neuronal debidas al cambio de plano por corte a través de los resultados del test de comparación múltiple de Tukey-Kramer. Antes de aplicar el test *post hoc* de Tukey-Kramer, hemos conocido cuantas categorías muestran un comportamiento diferenciable, pero necesitamos realizar este último paso para conocer entre que categorías se producen las diferencias. En los resultados obtenidos, que pueden consultarse organizados en tablas adjuntadas en el anexo 5, podemos observar entre que categorías de la taxonomía G2 aparecen diferencias entre categorías y en qué electrodos y bandas de frecuencia se aprecian. Se puede apreciar en las tablas expuestas en el anexo 5 como para los cortes de plano general a plano general se diferencian con frecuencia del resto de cortes, mientras que cuando el cambio de plano tiene lugar entre los dos tipos de panorámica no se aprecia diferenciación.

En la figura 36 podemos apreciar a modo de ejemplo los diferentes comportamientos en el ERD/ERS al comparar dos tipos de cambios de plano por corte en uno de los electrodos (F8) que muestra diferencias en la reacción neuronal entre los cuatro fragmentos filmicos en la banda de frecuencia High Theta.

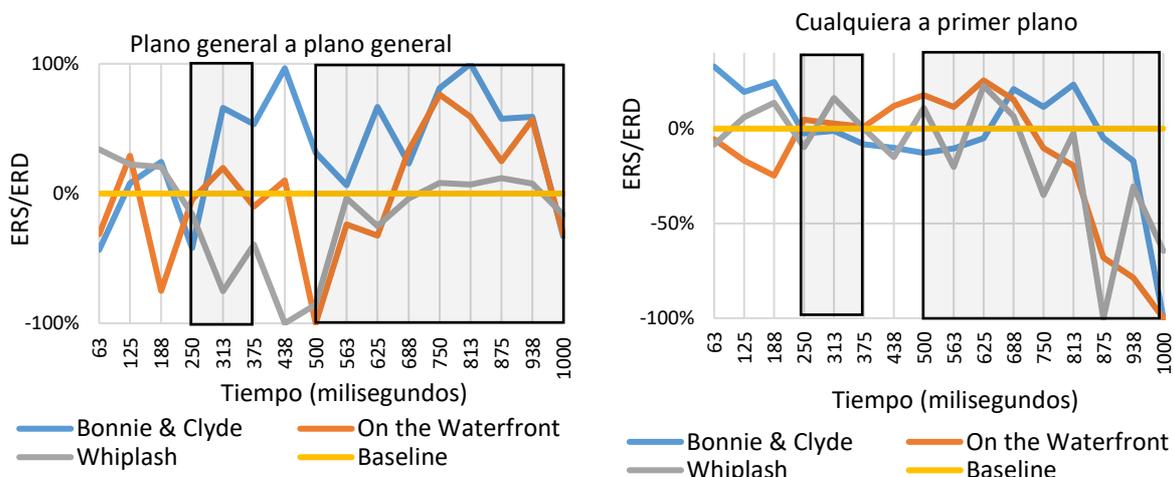


Figura 36. ERD/ERS de los fragmentos filmicos para los cortes tipo *plano general a plano general* y de *cualquiera a primer plano* para el electrodo F8 en la banda de frecuencia High Theta.

En la figura 36 podemos ver esas diferencias en las secciones marcadas entre 250 ms y 375 ms y entre 500 ms y 1000 ms. Mientras que en el paso de cualquier plano a un primer plano entre 250 ms y 375 ms se muestra gran estabilidad no sucede así en el paso de plano general a plano general. Centrándonos en el periodo entre 500 ms y 1000 ms, aparece una clara diferencia entre 563 ms y 750 ms, donde la categoría de corte de plano general a plano general muestra una tendencia pronunciada a la desincronización que no aparece en la categoría de corte de cualquier plano a primer plano.

Los resultados expuestos en las tablas adjuntadas en el anexo 5 muestran que entre diferentes categorías se aprecia que ciertos electrodos registran resultados comunes para diferentes categorías. Esto indica patrones de comportamiento detectados en G2 por ciertos electrodos en determinadas bandas de frecuencia que, siendo consecuencia del cambio de plano por corte, son comunes entre algunas categorías al mismo tiempo que difieren de otras. Para poder analizarlos procedemos a realizar dos agrupaciones que nos permita localizar que electrodos actúan en común según características más generales compartidas entre diferentes categorías de cambio de plano por corte. Una agrupación se basa en el aumento o reducción de escala (apartado 6.2.1) y otra en si el plano se centra en personajes o en el espacio (apartado 6.2.2). Estas dos agrupaciones nos revelan los patrones de diferenciación que se produce entre las diferentes categorías de la taxonomía G2.

6.2.1. Resultados agrupados según aumento o reducción de escala de plano

Si agrupamos las categorías de cortes de la taxonomía G2 según grupos más generales referidos a aumentar la escala, reducirla, mantenerla o panorámica obtenemos la agrupación que se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Agrupación de las categorías de corte para su comparativa según rasgos comunes partiendo de las categorías de G2.

Tipo	Grupo	Justificación de agrupación
Primer plano a primer plano	=	Misma escala
Plano medio a plano medio	=	Misma escala
Plano general a plano general	=	Misma escala
Cualquiera a Primer plano	>	Reducir escala
Cualquiera a plano general	<	Aumentar escala
Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	<	Aumentar escala
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	>	Reducir escala
Variación de $\alpha < 30$	P	Panorámica
Variación de $\alpha \geq 30$	P	Panorámica

Reorganizando los resultados obtenidos a partir del test de comparación múltiple Tukey-Kramer entre las categorías de la taxonomía G2 según la agrupación definida en la tabla 13, comparamos categorías que tiene rasgos similares con categorías con rasgos diferenciados. Esta agrupación de resultados obtenidos a partir de la taxonomía G2 se expresa en la tabla 14, identificando electrodos concretos en bandas de frecuencia determinadas que registran patrones de diferenciación entre las diferentes categorías de cambio de plano por corte.

Tabla 14: Número de electrodos que se diferencian de forma correlacionada entre los fragmentos filmicos agrupados según rasgos comunes entre 0 m. y 125 ms, entre 250 ms y 375 ms y entre 500 ms y 1000 ms.

	=	<	>	P
Entre 0 ms y 125 ms				
=	Cz(2)/Oz(1)			
<	Oz(1)/Cz(2)	P3(1)		
>	P3(2)/Oz(1)/Cz(2)	P3(1)		
P	P3(1)/Cz(2)/Oz(2)	P3(1)		
Entre 250 ms y 375 ms				
=	F8(1)			
<	F8(4)/F8(3)/P7(1)			
>	P7(2)/F8(2)	F8(2)/P7(1)	P7(2)	
P	F8(1)	F8(2)/P7(1)	P7(2)	
Entre 500 ms y 1000 ms				
=	F8(1)/F3(2)			
<	F3(6)/F8(3)/P7(5)/P9(4)/ F3(1)/Afz(3)/C3(2)			
>	F8(2)/F3(2)/P9(3)/F3(3)/ Afz(1)	P7(1)/C3(2)		
P	F3(2)/C3(2)/F8(1)/ Afz(1)/F3(2)/P9(2)	Afz(2)		

Nota. En negro se indican los electrodos detectados en la banda de frecuencia **Theta**, en rojo los detectados en **High Theta**, en verde los detectados en **Delta** y en azul los detectados en **Low Delta**. Entre paréntesis se indica en número de veces que se repite cada electrodo.

La principal diferencia entre agrupaciones, tal como se puede ver en la tabla 14, aparece entre 500 ms y 1000 ms, indicando mayor similitud entre ASC pertenecientes a la misma agrupación, es decir entre los tipos de corte que mantienen la misma escala de plano, entre los que reducen escala y entre los que la aumentan. El mayor número de diferencias en las reacciones neuronales se detecta en este segmento temporal entre los cortes que mantienen la escala de plano constante y los cortes con variación de escala, ya sea para aumentarla o reducirla. En este mismo segmento temporal aparece mucha diferencia entre los ASC que mantienen escala constante con los ASC relativos a la variación de ángulo horizontal de filmación (P). Durante los primeros 125 ms las mayores diferencias se producen entre los ASC que mantienen escala de plano constante con todos los demás ASC. Entre 250 ms y 375 ms las categorías que presentan variaciones de ángulo horizontal muestran más diferencias respecto a las que muestran variaciones de escala de plano que respecto a las que mantienen la escala de plano, a diferencia de lo que sucede entre 500 ms y 1000 ms. Sin embargo, entre 250 ms y 375 ms las diferencias entre ASC se acumulan ante la variación de las agrupaciones, siendo más similares cuando se comparan entre la que mantienen escala de plano, las que aumentan escala o las que reducen la escala de plano. Se observan los mismos resultados entre 500 ms y 1000 ms, aunque no de una forma tan marcada.

6.2.2. Resultados agrupados según si el cambio de plano pasa a focalizarse en personajes o en el espacio

La segunda forma de agrupar los resultados obtenidos al comparar las categorías de los cortes de la taxonomía G2 es dependiendo de si el plano entrante pasa a centrarse en personajes o en espacio fílmico. En función de este criterio realizamos una agrupación entre categorías de G2 para su comparación tal como se expone en la tabla 15.

Tabla 15: Agrupación de las categorías de corte para su comparativa según rasgos comunes relativos a personaje y espacio partiendo de las categorías de G2.

Tipo	Grupo
Primer plano a primer plano	Personaje
Plano medio a plano medio	Personaje
Plano general a plano general	Espacio
Cualquiera a primer plano	Personaje
Cualquiera a plano general	Espacio
Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	Espacio
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	Personaje

Agrupando las categorías de corte a partir de los resultados obtenidos en G2 tal como se define en la tabla 15 podemos observar patrones de comportamiento común. Podemos identificar aquellos electrodos en determinadas bandas de frecuencia que muestra un comportamiento común entre categorías con rasgos similares y que difieren con categorías de rasgos diferenciados, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Número de electrodos que se diferencian de forma correlacionada entre los fragmentos filmicos según su relación con personaje o espacio entre 0 ms y 125 ms, 250 ms y 375 ms y entre 500 ms y 1000ms .

	Personaje	Espacio
Entre 0 ms y 125 ms		
Personaje	P3(2)/Oz(1)	
Espacio	P3(1)/Cz(4)/Oz(1)	Oz(2)/Cz(2)
Entre 250 ms y 375 ms		
Personaje	P7(3)	
Espacio	F8(4)/F8(4)/P7(3)	F8(2)/F8(2)
Entre 500 ms y 1000 ms		
Personaje	F3(2)/P9(1)	
Espacio	F8(4)/F3(4)/P9(4)/C3(2)/F3(5)/P7(4)/Afz(2)	F8(2)/F3(1)/Afz(2)/F3(2)/C3(2)/P7(2)/P9(2)

Nota. En negro se indican los electrodos detectados en la banda de frecuencia **Theta**, en rojo los detectados en **High Theta**, en verde los detectados en **Delta** y en negro los detectados en **Low Delta**. Entre paréntesis se indica en número de veces que se repite cada electrodo.

Los resultados expuestos en la tabla 16 indican que las respuestas neuronales a lo largo de los tres periodos temporales analizados son más similares cuando el corte pasa a centrar la atención en personajes, resultando mucho más diferenciadas cuando hay una variación en el cambio de plano entre tipologías de corte que centran la atención en personajes y las tipologías que centran la atención en el espacio. En el periodo entre 500 ms

y 1000 ms también se aprecian diferencias entre los ASC relativos a cortes que requieren atención en el espacio.

En resumen, los resultados presentados muestran que para realizar un análisis en el que detectemos las reacciones neuronales del espectador que, siendo estas desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte, reflejen como se procesan cognitivamente los diferentes cambios de plano, es preferible utilizar la taxonomía G2 ante la taxonomía G1. Los resultados obtenidos a partir del análisis de los ritmos neuronales en la taxonomía G2 permiten obtener patrones diferenciales entre las categorías de corte definidas, especialmente si realizamos agrupaciones mayores dependiendo de los rasgos comunes de aumento o reducción de escala y si las agrupaciones de los tipos de cambio de plano por corte se realizan atendiendo si el cambio de plano se centra en personajes o en el espacio.

6.3. Localización e identificación de relaciones entre diferentes electrodos en reacciones neuronales relacionadas con el corte

Por último, para buscar si existe alguna relación entre las zonas del cerebro involucradas en los procesos cognitivos de respuesta al evento de corte, agrupamos los registros obtenidos por cada electrodo para los diferentes films y los comparamos con el resto de los electrodos en la misma o diferentes bandas de frecuencia. Pretendemos de esta forma localizar aquellos electrodos que están reaccionando de forma relacionada para la misma o diferentes bandas de frecuencia. Gracias a este sistema procedimiento descrito en el apartado 5.7 podemos localizar tanto regiones neuronales donde varios electrodos tienen comportamiento similar, como diferentes bandas de frecuencia que muestran una dependencia en su comportamiento.

Al analizar cuándo los diferentes electrodos están trabajando de forma relacionada mediante el análisis de varianza entre los diferentes ASF, aparecen las relaciones entre los electrodos F4 y Fc1 en High theta en el instante del corte (desde -63 ms hasta 63 ms) y los

electrodos C3 (Low Delta) con el Cz (Low Delta) y P7 (Delta) con el P5 (Low Delta) en las bandas de frecuencia correspondientes a Delta entre 500 ms y 688 ms. En el anexo 6 pueden verse los desgloses del ERD/ERS para los electrodos indicados.

Al analizar qué electrodos están reaccionando debido al cambio de plano por corte y muestran poca varianza entre los ASC de G1 o G2, obtenemos tres relaciones en los cortes agrupados como G1 y una para los cortes agrupados como G2. Obtenemos que para G1 actúan de forma sincronizada entre 500 ms y 688 ms los electrodos C3 (Low Delta) con Cz (Low Delta), Cz (Low Delta) con P7 (Low Delta) y P7 (Delta) con P5 (Low Delta). Para los cortes agrupados en G2 únicamente detectamos la relación entre los electrodos C3 y Cz en la banda de frecuencia Low Delta entre 562 ms y 688 ms. En todos los casos, el periodo temporal detectado en los electrodos y bandas de frecuencia indicadas corresponden a desincronizaciones. Se pueden ver los desgloses del ERD/ERS en los electrodos y bandas de frecuencia indicados en el anexo 7.

7. Discusión y conclusiones

En el apartado anterior hemos desglosado los resultados obtenidos, por un lado respecto a las respuestas neuronales que detectamos al analizar el cambio de plano por corte como un evento único, y por otro lado respecto a aquellas categorías que generaban repuestas diferenciadas entre las diferentes tipologías de corte. Los resultados han permitido dar respuesta a los objetivos secundarios de localizar e identificar patrones generales en el cambio de plano y de localizar e identificar patrones propios de cada tipo de cambio de plano. Dado que en ambos casos se ha podido observar que se producen patrones de respuesta neuronales como consecuencia no solo ante evento de cambio de plano por corte, sino ante diferentes categorizaciones de este evento, podemos afirmar que el espectador percibe el cambio de corte como un articulador del discurso cinematográfico. Poder detectar patrones neuronales desencadenados en la sucesión de planos que además se diferencian dependiendo de la relación entre la tipología de planos es la condición necesaria para establecer el corte como un elemento de articulación de la narración fílmica tal como está definida por Aumont, Bergala, Marie y Vernet (1995). El corte en sí es un elemento del relato fílmico que une dos realidades filmadas (instancia narrativa real) generando una realidad ficticia (instancia narrativa ficticia) y desencadena patrones de reacción neuronal en el espectador (instancia diegética). De esta forma el corte se convierte en un articulador de las tres instancias definidas por Aumont, Bergala, Marie y Vernet en su explicación de la narración fílmica. El hecho de localizar un articulador absoluto dentro del film, apoya la teoría de que pueda existir un lenguaje cinematográfico propio (Mitry, 1963). Además, refuerza la negación de que el cine es una articulación de lenguajes (Metz, 1968), ya que el elemento articulador del cambio de plano por corte es propio del medio cinematográfico, independiente del resto de lenguajes

que pudiesen conformar el film según esta postura teórica que niega la existencia de un lenguaje propiamente cinematográfico.

7.1. Discusión

Para poder llegar a las conclusiones de la investigación, previamente discutiremos la metodología aplicada y los resultados obtenidos. Primero discutiremos la necesidad de definir un sistema metodológico que nos ha permitido aplicar el análisis diseñado de forma automatizada, permitiéndonos obtener resultados representativos de las comparaciones entre señales procedentes de espectadores ante un evento cognitivo concreto, como es el cambio de plano por corte, dentro de fragmentos fílmicos donde existe diversidad de eventos. Una vez discutida la metodología aplicada, pasamos a discutir los resultados que nos permiten resolver los dos objetivos secundarios, que son localizar e identificar parones neuronales comunes a todo cambio de plano y localizar e identificar patrones neuronales específicos según el tipo de corte. En la discusión del objetivo secundario de localizar e identificar patrones neuronales específicos según el tipo de corte, tenemos que comenzar abordando la necesidad de definir una taxonomía de corte adecuada al sistema cognitivo del espectador, para lo que hemos diseñado y aplicado dos formas diferentes de agrupar los cortes (G1 y G2) basándonos en la teoría cinematográfica previa. Por medio de la comparación de los resultados entre ambos grupos hemos podido observar que agrupación taxonómica se ajusta mejor al sistema cognitivo humano y deducir que teoría de agrupación taxonómica es más acertada. Tras realizar esta discusión respecto a los resultados obtenidos (7.1.2 y 7.1.3) procederemos a las conclusiones (7.2), a través de las cuales expondremos la resolución del objetivo principal consistente en definir el corte como articulador fílmico en caso de tener resultados que así lo determinen.

7.1.1. Metodología y procedimientos aplicados

El sistema metodológico diseñado nos ha permitido detectar de forma automática reacciones neuronales desencadenadas por el corte a partir de registros electroencefalográficos procedentes de espectadores visualizando fragmentos de material fílmico comercializado, señalando en qué electrodo, banda de frecuencia y rango temporal se produce la reacción neuronal detectada. Gracias a la metodología del test de permutación y la correlación de Spearman podemos discernir qué es común al cambio de plano y qué no tiene relación con el evento del corte. A través del posterior estudio de las pendientes hemos podido descartar todas aquellas correlaciones que no suponen una variación en el *power change* significativa en la variación ERD/ERS. Finalmente, por medio del estudio de Kruskal-Wallis y Tukey-Kramer combinado con el test de permutaciones y la correlación Spearman hemos detectado qué reacciones, siendo características del cambio de plano, son al mismo tiempo dependientes al tipo de corte que estemos analizando. Toda esta información la obtuvimos para electrodos concretos en determinadas frecuencias y a lo largo del tiempo analizado.

La aplicación del diseño metodológico ejecutado por medio de scripts automatizados en *MatLab* ha permitido un análisis intensivo y completo para todos los electrodos en todos los rangos de frecuencia definidos a lo largo del tiempo, permitiéndonos localizar e identificar toda variación que afecte a *power change* debido al evento del corte. Esto ha posibilitado por un lado poder realizar un análisis en profundidad con ventanas deslizantes para todos los datos registrados a través del EEG, sin tener que limitar el análisis a sesgos de datos específicos delimitados por ventanas temporales estancas, y por otro lado no tener la necesidad de filmar un material audiovisual de propio para el laboratorio como se ha venido realizando hasta el presente en estudios previos para analizar aspectos concretos de la técnica cinematográfica desde mediciones a través del electroencefalograma (Heimann *et al.*, 2016). Hasta ahora, para el análisis de los espectadores por medio del EEG para analizar aspectos técnicos del film, se

han utilizado clips audiovisuales realizados de propio para el laboratorio (Heimann *et al.*, 2016; Heimann *et al.*, 2014; Martín-Pascual, 2016; Francuz y Zabielska-Mendyk, 2013) y únicamente se utilizaban fragmentos extraídos de films reales para estudiar las emociones (Costa, Rognoni y Galati, 2006; Krause *et al.*, 2000), en estudios donde no se tenían en cuenta aspectos técnicos del film. La metodología desarrollada en la presente investigación ha permitido obtener resultados con éxito sobre el estudio de la técnica cinematográfica a partir de films diseñados para el consumo del espectador cinematográfico, permitiendo realizar aportaciones en la teoría cinematográfica desde el análisis del propio film y no desde recreaciones audiovisuales filmadas para el laboratorio.

Gracias al proceso metodológico aplicado podemos evitar problemas como el de la investigación realizada por Silva y su equipo (Silva, 2018; Silva, Baldassano y Fuentemilla, 2019) donde al analizar el corte consideran que el evento común en su material audiovisual es únicamente el cambio de plano por corte, sin separar el input concreto a estudiar de una gran cantidad de características técnicas y estéticas que también se mantienen constantes junto a cada corte, consecuencia de utilizar todos los cortes de un único film sin contrastarlo con otros cambios de plano por corte contenidos en films con diferentes técnicas y estéticas cinematográficas. Haber optado por una metodología con las características de las empleadas por Silva y su equipo (Silva, 2018; Silva, Baldassano y Fuentemilla, 2019) habría supuesto por un lado no poder asegurar hasta qué punto los resultados se producen o por el cambio de plano o por el resto de características que resultan constantes a lo largo del film, y por otro lado, no poder aspirar a que los resultados puedan extrapolarse a otros films de diferentes características técnicas y estéticas.

Además, el hecho de diseñar la programación de los scripts de forma modular permitió poder ejecutar los análisis con ventanas deslizantes de distintos tamaños, modificar la distancia entre muestras para obtener las pendientes y utilizar diferentes condiciones de comparación

por medio de Kruskal-Wallis de forma sencilla. Trabajar con matrices binarias con índices localizadores que señalan dónde se encuentran los resultados significativos nos ha permitido la compatibilidad entre diferentes metodologías estadísticas y poder combinar diversas condiciones de comparación, permitiéndonos obtener los resultados finales. Tener una estructura de programación diferenciando los controladores, gestores de señales de entrada y gestores de comparativas entre señales es de gran utilidad ya que, con pequeñas adaptaciones de programación en los gestores de datos, es posible reutilizar el código para diversos análisis sobre electroencefalograma. Esto hace que el sistema de scripts diseñado sea fácilmente adaptable para diversas investigaciones, no necesariamente relacionadas con el medio audiovisual, donde el input a estudiar forma parte de un conjunto de estímulos variados.

7.1.2. Localizar e identificar patrones comunes a todo tipo de corte

Lo primero a destacar en el análisis de resultados sobre la localización e identificación de patrones neuronales comunes al corte, es que a través de la metodología propuesta detectamos claramente un comportamiento dependiente y correlacionado entre los 4 ASF debido al evento de corte, como ponen de manifiesto los resultados expuestos en el apartado 6.1.1 y se puede observar en la figura 18. Esta evidencia nos permite afirmar que existe un patrón claro de reacción neuronal desencadenado tras el cambio de plano por corte. Este patrón de reacción neuronal ante el corte se desencadena en el instante de corte en la banda de frecuencia Theta durante los primeros 188 ms y se detecta con gran intensidad en la variación de sus ritmos neuronales (ERD/ERS) en la banda de frecuencia Low Delta entre 438 ms y 750 ms. La zona cortical que más reactiva se muestra ante el corte en todos los rangos de frecuencia donde se detectan resultados es la zona parietal.

El patrón de reacción neuronal que produce una mayor variación en los ritmos neuronales se detecta en los rangos de frecuencia Delta entre 375 ms y 750 ms, especialmente

en Low Delta. Los resultados obtenidos en Low Delta y Delta tienden a la desincronización de los ritmos neuronales. La actividad detectada en Delta se localiza en la zona media de las áreas parietal, frontal, frontocentral y central sin mostrar lateralización. La desincronización de los ritmos Delta se consideran relacionados a procesos cognitivos, reflejando la supresión del *default mode network* (Dimitriadis Katz, 2010). La desactivación del *default mode network* (DMN) se relaciona con el inicio de una actividad consciente, lo que podemos relacionar con la teoría expuesta por Mitry (1963) sobre la exigencia que supone para el espectador el cambio de plano. Para Mitry el cambio de plano genera una actividad intelectual en el espectador, mientras que el plano tiene una implicación emocional. En este sentido Li, Mai y Liu (2014) relacionan la DMN con la percepción emocional y la empatía en las relaciones sociales.

El patrón de reacción neuronal más inmediato tras el evento de corte que localizamos se produce en la banda de frecuencia Theta, especialmente en High Theta. Esta dependencia detectada en el rango Theta se corresponde a una sincronización en el ERD/ERS en los primeros 188 ms tras el corte. La zona cerebral donde detectamos este patrón es principalmente la zona parietal y en el caso de High Theta se extiende también por la zona central, la occipital y la zona media del lóbulo frontal y frontocentral. Se localiza la zona parietal como la principal responsable de la detección del corte detectando variaciones en su frecuencia a lo largo del tiempo, hecho que se relaciona con la memoria visuoespacial (Wolinski Katz, 2018). En este primer periodo se localiza una tendencia a la lateralización izquierda en las reacciones neuronales, algo típicamente relacionado con procesos cognitivos del lenguaje (Redolar, 2014). La sincronización de la banda de frecuencia Theta durante los primeros 250 ms también se relaciona con el procesado emocional inconsciente del estímulo (Knyazev y Slobodskoj-Plusnin, 2009).

Por otro lado, la sincronización en la banda Theta se considera principalmente un reflejo de actividad en el hipocampo y se relaciona con la codificación de una nueva

información y con procesos relacionados con la memoria (Klimesch, 1999; O'Keefe y Recce, 1999; Shirvalkar, Rapp y Shapiro, 2010). Principalmente la actividad en la zona frontal tanto al memorizar como al recordar se refleja en las frecuencias Theta (Jensen y Tesche, 2002). En este sentido, los resultados muestran un patrón de reacción neuronal ante el corte coherente con el comportamiento descrito por los autores citados, lo que suponen aceptar un reflejo de la actividad del hipocampo en la actividad neuronal detectada como reacción al corte. Coincide especialmente con resultados obtenidos en un estudio previo mediante resonancia magnética, que detecta el cambio de plano por corte gracias a la activación del propio hipocampo (Ben-Yakov y Henson, 2018). Los resultados obtenidos por Ben-Yakov y Henson, permiten definir un patrón estructural en el corte fílmico que desencadena de forma clara reacciones neurológicas. Concretamente concluyen en su artículo que:

(...) we demonstrate that the hippocampus is sensitive, specific and selective to the occurrence of event boundaries while watching films. Thus the hippocampus appears important for segmenting continuous experience, most likely in order to transform continuous experience into representations of discrete events for registration into memory (pág. 18).

Estas conclusiones expuestas por Ben-Yakov y Henson las podemos relacionar con la investigación de Freeman (2006) y su explicación sobre la percepción, donde define la percepción de la realidad y su procesamiento en etapas de tiempo discretas. Esta característica cognitiva junto con las suspensiones atencionales (Smith, 2005) justifican la existencia de lo que la teoría cinematográfica ha llamado montaje invisible (Bazin, 1958) y la existencia de normas de edición descubiertas desde la praxis para poder conseguirlo (Amiel, 2001; Murch, 1995; Dmytryk, 1984) de gran interés para los estudios desde la neurocinemática (Smith, 2012; Smith y Henderson, 2008).

Diferentes estudios sitúan en el hipocampo la percepción temporal y lo relacionan con procesos de la memoria (Dede Katz, 2016; Howard y Eichenbaum, 2015; Eichenbaum, 2017) a través los llamados *time cells* (MacDonald Katz, 2011). En la misma línea (Teki, Gu y Meck, 2017) se define que el hipocampo codifica el tiempo a través de la memoria. Conclusiones que apoyan en base a los resultados obtenidos la hipótesis de la generación del tiempo fílmico a través del corte (Deleuze, 1984), reforzando la propuesta de que el montaje es responsable de la articulación del discurso narrativo fílmico. El film tiene una duración física concreta que no suele corresponderse con la extensión del tiempo fílmico, sino que genera un tiempo propio en su narración, tal como hemos explicado en el marco teórico (apartados 2.4.3 y 2.5). El tiempo fílmico es una percepción que debe ser codificada (Deleuze, 1985; Deleuze, 1984), tal como proponen Teki, Gu y Meck (2017) con la percepción de lo que nos rodea a través de la memoria, implicando al hipocampo como responsable de codificar temporalmente la realidad. De la misma forma, otras investigaciones también relacionan el hipocampo con la codificación del espacio de una forma similar a la codificación temporal (Staresina y Davachi, 2009; Olton, Becker y Handelmann, 1979; Eichenbaum, 2014). Según estas propuestas, el hipocampo cumple la función de codificador espacio-temporal, que coincide con la necesidad de decodificación del film definida por Burch (1969). Burch define el film como una abstracción de dos *découpages*; el *découpage* temporal y el *découpage* espacial. Para Burch un film es una sucesión de planos, donde cada plano es un fragmento de espacio y tiempo, y a través de la codificación de estos fragmentos de espacio y tiempo se articula el discurso fílmico, generándose el espacio y el tiempo fílmico. Los resultados obtenidos que indican el corte como desencadenante de sincronizaciones en Theta puede relacionarse con los procesos de memoria del hipocampo, acercándonos hacia una teoría donde la percepción temporal y espacial del film podría ser codificada a través del corte de forma similar a como se procesa en la realidad, tal como afirman las teorías del ecologismo perceptivo cinematográfico (Anderson, 1998). Los

resultados obtenidos parecen apoyar la idea de que el corte podría considerarse como uno de los responsables de la generación del tiempo y el espacio fílmico.

El hecho de encontrar lateralización izquierda en la actividad neuronal Theta para procesar el cambio de plano por corte nos lleva a relacionar los resultados obtenidos con los estudios sobre cómo el cerebro procesa el lenguaje. Concretamente la lateralización izquierda hacia la zona parietal se relaciona típicamente con procesos cognitivos del lenguaje (Redolar, 2014), lo que podría suponer acercar la percepción fílmica a la percepción lingüística. Esta posibilidad nos remite de nuevo al debate clásico de teoría fílmica iniciado en los años 60 por Mitry (1963) y Metz (1968) sobre la posible existencia de un lenguaje cinematográfico. Desde los orígenes de la teoría cinematográfica diferentes teóricos y profesionales han desarrollado posibles explicaciones sobre qué es el cine, basándose en la existencia de un lenguaje cinematográfico (Bettetini, 1975; Pasolini, 1976; Stam, Burgoine y Flitterman-Lewis, 2005; Bordwell, Thompson y Smith, 1997; Wenders, 2010) o la imposibilidad de esta existencia (Rivette, 1951; Straub y Huillet, 1984; Deleuze, 1985; Oubiña, 2003). Este debate todavía abierto en la actualidad impide poder realizar una teoría cinematográfica unificada sobre cuál es la esencia discursiva del film. Nuestros resultados, a pesar de no representar un estudio orientado concretamente a comparar los procesos cognitivos de la percepción cinematográfica y lingüística, sí que muestran unos hallazgos que podrían tener relación con los obtenidos por otras investigaciones neurológicas centradas en el sistema neuronal encargado de procesar el lenguaje (Spironelli y Angrilli, 2010; Morillon *et al.*, 2010; Titiz *et al.*, 2017).

7.1.3. Localizar e identificar patrones diferenciales entre tipologías de corte

El objetivo secundario de localizar e identificar patrones diferenciales entre tipologías de corte nos obliga a definir una taxonomía de agrupación de los diferentes tipos de corte que nos permita poder localizar diferencias en los procesos neuronales del espectador ante los

diferentes tipos de cambio de plano por corte. Por ello, lo primero que procedemos a discutir son las diferencias encontradas al realizar el procesado comparativo de Kruskal-Wallis en las agrupaciones taxonómicas G1 y G2, donde decidiremos que agrupación se ajusta mejor al sistema perceptivo del espectador para discutir sus resultados a fondo en el apartado 7.1.3.2.

7.1.3.1. Definición de una taxonomía de corte

El presente estudio tiene la necesidad de definir una taxonomía de clasificación de los tipos de corte para poder establecer hasta qué punto es posible detectar respuestas diferenciadas entre los tipos de corte, y así dar respuesta al objetivo secundario consistente en detectar los patrones de reacción neuronal diferenciada relativos al tipo concreto de corte. Para ello se realizó todo el procedimiento de obtención de resultados con las taxonomías definidas en el apartado 4.1.2 como G1 y G2, para posteriormente analizando los resultados obtenidos deducir qué tipo de taxonomía se adecúa más al análisis del cambio de plano por corte.

Respecto a las dos taxonomías inicialmente propuestas para su estudio, la agrupación G1 es más dependiente al fotograma inicial tras el corte, mientras que la agrupación G2 es una categorización completamente dependiente de la relación entre los fotogramas ensamblados. Cuando estudiamos las diferencias que se producen entre las categorías establecidas por medio del proceso de comparación Kruskal-Wallis y Tukey-Kramer para las ventanas temporales de los electrodos y bandas de frecuencia que muestran dependencia y correlación por el evento del corte (figura 33 y figura 34), en los cortes agrupados en G2 se producen todos los resultados tras el evento del corte, mientras que en los cortes agrupados en G1 los resultados se localizan antes del corte. Además, para G1 solo se localizan 3 ventanas temporales dispersas donde un electrodo en una banda de frecuencia muestra un resultado positivo, mientras que en G2 aparecen 14 resultados acumulados en periodos de concentración a lo largo del tiempo.

Los resultados por tanto no muestran que las categorías en las que se agrupan los cambios de plano según la taxonomía G1 sean reconocidas como elementos que suscitan repuestas neuronales diferenciadas a través del análisis de varianzas. Diferencias que sí aparecen al agrupar los tipos de corte por G2. Esto se debe a que al realizar los ASC mediante los valores de *power change* de los diferentes cortes, resultan más similares las medias entre los ASC para G1 que las medias de los ASC para G2. Esto solo puede deberse a que las reacciones neuronales ante los casos registrados en cada ASC que componen una misma categoría de corte definido en G2 tienen una mayor similitud en su reacción entre ellos que el equivalente en G1, donde al no tener tanta coherencia interna entre los casos concretos que conforman cada uno de los grupos de la taxonomía, al mediarlos en los ASC de cada categoría hace difícil su diferenciación con el resto de categorías por medio del análisis de varianza. De esta forma los cortes concretos que conforman cada categoría de G2 se muestran más homogéneos en su reacción neuronal y nos permiten localizar diferencias con el resto de categorías al compararlos mediante análisis de varianza.

Al comparar los resultados de posibles sincronizaciones entre diferentes electrodos, los resultados para los ASC agrupados en G1 nos da prácticamente las mismas relaciones que al aplicar el análisis de varianza con condición de comparación entre electrodos con todos los cortes agrupados, a diferencia de los que sucede con los cortes agrupados según G2 donde solo se detectan comportamientos relacionados en un periodo temporal concreto entre dos electrodos en la misma banda de frecuencia. Estos resultados nos indican que la clasificación de los cortes definida para G2 muestra una mayor precisión y ajuste al sistema cognitivo del espectador. Este resultado nos acerca a responder la pregunta planteada por el objetivo secundario de localizar e identificar patrones diferenciales entre tipologías de corte, dado que si las realizamos sobre los ASC por medio de los cortes agrupados en categorías taxonómicas encontramos que pueden diferenciarse las reacciones neuronales entre categorías de la taxonomía G2.

Los resultados obtenidos evidencian una gran diferencia entre los resultados derivados de agrupar los cortes en las taxonomías G1 o G2, apoyando que es preferible estudiar las características del tipo de corte concreto en una agrupación tipo G2, donde la importancia no depende tanto del plano que aparece tras el corte, sino que depende principalmente de la relación entre los planos que conforman el corte y la variación que se produce entre ellos. Por lo tanto, agrupar los cortes según la variación que se produce entre los dos fotogramas que conforman el cambio de plano es más adecuado al sistema cognitivo del espectador que tener en cuenta únicamente el plano nuevo tras el corte. Esto indica una dependencia en el cambio de plano que no depende exclusivamente del plano nuevo, sino de la relación entre el plano anterior y posterior al corte. Esta posición nos acerca claramente a las teorías del cambio de plano como articulador cinematográfico entre dos unidades (Mitry, 1963; Burch, 1969).

Como hemos explicado en los apartados 2.4 y 2.5 del marco teórico, esta dependencia entre planos refuerza la postura que defiende el cine como lenguaje, donde el significado se produce por la unión de significantes, en este caso el plano anterior y posterior al corte. Mitry (1963) define la naturaleza fílmica como una naturaleza simbólica fugitiva, donde no existe una relación fija entre significante y significado, sino que el significado es el resultado del significante y su contexto. Debido a esto la convención del símbolo da lugar a un valor simbólico fugitivo y las ideas pueden ser significadas de múltiples maneras al mismo tiempo que no pueden ser significadas siempre de la misma forma. Por tanto, el plano es una unidad de espacio y tiempo que se resignifica en su combinación con otro plano a través del corte.

Además de la coincidencia con la teoría cinematográfica, esta dependencia de la reacción neuronal del espectador a la relación entre el plano anterior y el posterior al corte también tiene justificación neurológica. Esta forma de procesar la información por el cerebro es la misma que se produce en la teoría de atención integrada, donde se compara cada estímulo con la percepción previa (Treisman y Gelade, 1980), con la teoría de percepción booleana

basada en el procesamiento de la variación percibida en lo imagen de lo ya procesado previamente (Huang, Treisman y Pashler, 2007) y las teorías de una percepción discreta (Freeman, 2006; Busch y VanRullen, 2010; VanRullen, Carlson y Cavanagh, 2007) basadas en un sistema atencional discontinuo que genera una sensación de continuidad entre los instantes percibidos (Koch, 2004) y la sensación de una realidad integrada se produce a través de los procesos de recuperación de memoria (Huang, Treisman y Pashler, 2007).

7.1.3.2. Patrones diferenciales entre tipologías de corte

Para alcanzar este objetivo secundario, utilizamos el test de permutaciones y la correlación de Spearman junto con el análisis de varianza Kruskal-Wallis y el test de comparación múltiple Tukey-Kramer. Gracias a esta combinación podemos detectar las variaciones en las reacciones neuronales ante los diferentes tipos de corte con la premisa de que cada tipo de corte tiene un comportamiento correlacionado para los 4 fragmentos fílmicos, mostrando su dependencia al evento estudiado. Gracias a este sistema detectamos comportamientos diferenciados con gran evidencia entre las diferentes categorías de corte establecidas en la taxonomía G2, donde los cortes se clasifican según las diferencias existentes entre el fotograma anterior y posterior al cambio de plano. Los rangos de frecuencia donde se reflejan estas diferencias en las reacciones neuronales están principalmente relacionados con las bandas Delta y Theta. En los rangos de frecuencia Theta y High Theta se detecta principalmente una sincronización entre 0 y 125 ms y desincronización entre 250 ms y 375 ms, mientras que los resultados detectados como positivos en los rangos de frecuencia Delta y Low Delta aparecen exclusivamente entre 500 ms y 1000 ms. En este periodo temporal tanto en Delta como Low Delta muestran un primer periodo de sincronización entre 500 ms y 875 ms seguido de una tendencia hacia la desincronización que llega hasta el final de la muestra. Los electrodos que registran diferenciaciones entre tipos de corte tienden a

lateralizarse en el hemisferio izquierdo y la zona media, a excepción de F8 (High Theta en 800 ms – 1000 ms), abarcando la zona central y posterior entre 0 y 125 ms y entre 250 ms y 375 ms y por otro lado abarcando la zona parietal y frontal entre 500 ms y 1000 ms. Los electrodos C3 y Cz para Low delta entre 562 ms y 688 ms muestran un comportamiento muy similar. Estos resultados localizan y definen un patrón de reacción neuronal ante el cambio de plano dependiente del tipo de corte concreto, permitiéndonos asegurar que el corte produce patrones de respuesta neurológica diferenciada dependiendo de la naturaleza del cambio de plano. De nuevo volvemos a detectar reacciones neuronales con lateralización izquierda, concretamente en el lóbulo parietal izquierdo que se relaciona con funciones del lenguaje (Bzdok *et al.*, 2016), en concreto con el lenguaje receptivo (Ross, 1980).

En el análisis aparecen reacciones neuronales diferenciadas en función de la variación del ángulo de cámara en el cambio de plano, concretamente se localizan diferencias entre variar el ángulo de cámara o mantener el mismo eje, mientras que no aparecen diferencias muy marcadas dependiendo de los grados de variación del ángulo de cámara. Tal como explica Smith (2005), el ángulo de variación ocular en la percepción de la realidad es procesado en la construcción espacial de nuestro entorno. En la construcción cinematográfica, es difícil conocer el ángulo de variación de cámara, lo que puede justificar que el cerebro no identifique bien este ángulo de variación, sin embargo, sí que diferencia claramente entre mantener el mismo eje y variarlo.

Al comparar las categorías definidas en la taxonomía G2, entre ellas aparecen tendencias a que las categorías se asemejen o diferencien según la naturaleza de variación entre los planos que conforman el corte, teniendo más importancia la relación entre los planos que conforman el corte que el plano nuevo por separado. Así, centrándonos en el cambio de escala, se asemejan entre sí por su respuesta neuronal los planos que aumentan la escala tras el corte, por otro lado se asemejan entre ellos los planos que reducen la escala tras el corte y por último

podemos agrupar por su similitud los planos que mantienen la escala constante en el cambio de plano. Si comparamos los cortes siguiendo estas tres grandes agrupaciones se localizan las diferencias en los patrones neuronales de respuesta ante el corte. De la misma forma, si nos fijamos en la variación del ángulo de cámara, detectamos que variar el ángulo de la toma, independientemente de que el ángulo sea mayor o menor de 30°, tiene un comportamiento similar diferenciado de los cortes en eje. Los cortes agrupados por variación de ángulo sí que muestran reacciones diferenciadas ante los planos que mantienen la escala constante. Este último resultado tiene relación con los obtenidos si agrupamos los cortes dependiendo de si remiten a un personaje o al espacio, mostrando la mayor parte de diferencias entre ASC al producirse el cambio de uno a otro. Esta circunstancia parece apuntar a una diferencia cognitiva en el momento que el centro de atención es un personaje, que podemos relacionar con el *inattentional blindness* (Most, 2010; Simons y Chabris, 1999) y la imposibilidad de una percepción absoluta, marcando diferencias articulativas dependiendo si la atención está focalizada en un personaje o en la construcción espacial del film.

En todos los casos de comparación realizados entre categorías pertenecientes a la taxonomía G2, la banda de frecuencia que parece más indicada para detectar las variaciones entre tipologías de corte es Low Delta entre 500 ms y 688 ms. Esta característica determina que este periodo temporal en esta banda de frecuencia es importante en la reacción neuronal ante el cambio de plano. La naturaleza de los patrones diferenciales indica una relación absoluta entre los dos planos que conforman el corte. La banda de frecuencia donde se localiza una mayor variación correlacionada con el corte es Low Delta y la variación que más diferencias produce en su reacción neuronal con el resto de las categorías taxonómicas es el paso por corte de plano general a plano general.

7.2. Conclusiones

Hemos dado respuesta a los dos objetivos secundarios, lo que nos permite alcanzar el objetivo principal. El hecho de poder localizar y definir patrones de comportamiento neuronal ante el evento del corte y que a su vez existan variaciones determinadas en estos patrones que diferencien entre tipos de corte concreto permite afirmar que el corte actúa como articulador del discurso fílmico. Además, el hecho de poder definir el sistema taxonómico de clasificación al corte G2 como más ajustado al sistema cognitivo que G1 nos permite extraer conclusiones sobre la naturaleza del cambio de plano por corte, ya que esta categoría taxonómica denominada G2 está determinada por la variación que se produce entre los planos que conforman el corte.

En la presente investigación hemos establecido una relación, a través de la metodología, entre la teoría cinematográfica clásica y la neurocinemática, obteniendo conclusiones integradas en un corpus teórico cinematográfico de larga tradición. De esta forma, partiendo de la consideración de las tres instancias que conforman el discurso narrativo fílmico (Aumont *et al.*, 1995) las combinamos en un único experimento al facilitar el vínculo entre el estudio del espectador que observa la obra y la obtención de conclusiones sobre la propia obra, permitiéndonos una mayor relevancia de los resultados neurológicos en relación con el hecho fílmico. Para alcanzar las conclusiones sobre el objetivo principal en el apartado 7.2.4, explicaremos antes las conclusiones sobre la metodología de análisis diseñada (7.2.1), las conclusiones sobre los subobjetivos de localizar patrones neuronales ante todo tipo de corte (7.2.2) y la localización de diferencias en los patrones neuronales según el tipo de corte (7.2.3).

7.2.1. Metodología de análisis

La investigación presentada propone a través de la detección de las respuestas neuronales ante el estímulo del cambio de plano por corte una aproximación metodológica novedosa

ante la discusión teórica sobre la posible existencia de un lenguaje cinematográfico. La utilización de fragmentos fílmicos reales y estilísticamente diversos para el estudio del EEG sobre aspectos relacionados con la técnica cinematográfica requiere depurar todas aquellas reacciones debidas al contexto fílmico, permitiendo poder analizar films diseñados para el espectador y no filmaciones realizadas de propio para el laboratorio con el input a estudiar aislado. La metodología diseñada a partir de comparaciones automatizadas computacionalmente entre pares de señales nos permite realizar un análisis absoluto sobre todas las relaciones en las respuestas neuronales registradas entre electrodos y bandas de frecuencia a través de ventanas deslizantes. De esta manera podemos localizar los resultados que buscamos con precisión, sin tener que limitar el análisis a secciones temporales predefinidas de la señal registrada donde presupongamos que puedan localizarse los resultados interesantes o limitarnos a ciertos electrodos en determinadas bandas de frecuencia preseleccionadas. La metodología aplicada permite obtener resultados que, por un lado encajan con las investigaciones previas (Ben-Yakov y Henson, 2018), y por otro aportan nuevo conocimiento sobre cómo el cerebro procesa el cambio de plano por corte, tanto de una forma general como de forma específica dependiendo del tipo de corte como mostraremos en los apartados siguientes.

Por otra parte, en cuanto al desarrollo de la fase analítica del experimento en lo referente a la programación, la estructuración modular de los scripts programados hace que la metodología sea fácilmente aplicable mediante pequeñas variaciones para diferentes investigaciones con los mismos o diferentes fines a partir de otra distribución de electrodos, diferentes rangos de frecuencia, diferentes tamaños de ventanas deslizantes y diferentes valores de corte de p -valor y Rho . Además, los valores umbral sobre los que se practica la técnica de *threshold* son autocalculados por el sistema durante la ejecución del análisis, por lo que facilitan su aplicación.

En conclusión, además de los resultados obtenidos presenta un planteamiento y un desarrollo experimental diseñado *ex profeso* para el análisis de las reacciones de los sujetos analizados ante el evento de corte basado en comparativas por pares, localizando aquellas respuestas neuronales que se muestran comunes entre todo el registro analizado, por lo que puede resultar útil para otras investigaciones donde sea necesario aislar el input común de diferentes señales que reflejan reacción a múltiples inputs y solo tienen un input común entre ellas.

7.2.2. Patrones neuronales comunes a todo tipo de corte

Con respecto al objetivo secundario de localizar patrones neuronales comunes en reacción a todo tipo de corte, podemos localizar a nivel neurológico el evento de cambio de plano por corte gracias a patrones de reacción en la banda de frecuencias Theta y Delta. La metodología expuesta para la detección de ventanas temporales en electrodos y bandas de frecuencia en los que se producen reacciones neuronales en el *power change* ante el estímulo del corte, si bien es muy restrictiva, nos permite extraer resultados claros y específicamente asociados a la percepción del cambio de plano por corte que, al mismo tiempo, están respaldados por investigaciones previas (Ben-Yakov y Henson, 2018) que localizan actividad en el hipocampo debido al procesamiento del evento del cambio de plano por corte. Como principal diferencia con respecto al estudio de Ben-Yakov y Henson nosotros utilizamos una técnica de medición biométrica temporal en lugar de espacial, permitiéndonos mayor precisión temporal y detalle en el reconociendo concreto de los procesos neuronales que suceden durante el primer segundo tras el cambio de plano. La restrictividad del sistema hace que únicamente tengamos en consideración el 1,02% de ventanas temporales analizadas que son dependientes y correlacionadas entre los 4 ASF y el 0,02% que son dependientes y correlacionadas con variaciones significativas en su *power change*, con el objetivo de eliminar todo registro de reacción neuronal ante otros factores ajenos al objeto de estudio.

De esta forma hemos localizado patrones de reacción neuronal comunes ante el evento del cambio de plano por corte independientemente de su categoría concreta gracias a patrones de modulación en las bandas de frecuencias Theta y Delta. Concretamente en la banda de frecuencia Theta aparecen patrones de reacciones neuronales dependientes y correlacionadas a lo largo del segundo tras el corte en dos periodos temporales, en los que se localizan procesos de sincronización en el ERD/ERS a través de varios electrodos, y un tercer periodo de tiempo donde se localiza desincronización. Los electrodos que registran sincronización en la banda de frecuencia Theta la localizan en los primeros 188 ms iniciales y tras los 750 ms hasta el final de la muestra. La desincronización detectada por electrodos en Theta aparece entre 250 ms y 750 ms. Respecto a los rangos de frecuencia de frecuencia Delta, los electrodos que detectan desincronización lo hacen entre 375 ms y 750 ms, especialmente en Low Delta. La zona craneal donde más electrodos detectan estas reacciones neuronales debidas al evento del corte tanto para las frecuencias Theta como Delta es en la zona parietal.

La modulación en los ritmos neuronales detectada en Delta, relacionada con el *default mode network* (Dimitriadis *et al.*, 2010), junto con la modulación detectada en Theta, relacionada con procesos de codificación y accesos a memoria (Klimesch, 1999), parecen indicar que el sistema cognitivo del espectador requiere, para asimilar el cambio de plano, un procesamiento neuronal relacionado con la codificación y decodificación. Especialmente al detectar modulaciones de Theta balanceadas en el hemisferio izquierdo que se relaciona con el procesamiento del lenguaje (Bzdok *et al.*, 2016). La relación entre los resultados obtenidos y la actividad del hipocampo se considera de especial interés debido a las propuestas neurológicas que relacionan el hipocampo con la codificación espacio-temporal de la realidad que nos rodea.

Podemos concluir, por todo lo descrito en el párrafo anterior, que al analizar el film desde los mecanismos de cognición del espectador, tal como indica la premisa del ecologismo cognitivo cinematográfico (Anderson, 1998), los resultados obtenidos parecen apoyar las

propuestas teóricas cinematográficas que definen el cambio de plano por corte como el articulador del mensaje cinematográfico (Eisenstein, 1949b; Sklovski, 1928; Mitry, 1963). Los resultados obtenidos parecen indicar que el cambio de plano desencadena una actividad neuronal relacionada con el proceso de decodificación en el sentido propuesto por Metz (1968) para su asimilación, comprensión e integración en el discurso fílmico. Igualmente hemos visto como los resultados relacionados con las activaciones del hipocampo podría dar soporte empírico a las teorías cinematográficas que definen el corte como el responsable de la articulación del espacio y tiempo fílmico (Burch, 1969; Deleuze, 1985). De esta forma, los resultados obtenidos parecen sugerir que sea posible definir el cambio de plano por corte como un articulador del mensaje cinematográfico, responsable de la generación del tiempo y el espacio fílmico. Para poder afirmarlo con total seguridad sería necesario plantear nuevos experimentos orientados a poder estudiar en detalle esta posibilidad de articulación espacio-temporal. En esta línea de investigación podríamos seguir aportando conocimiento empírico sobre la teoría cinematográfica clásica y empezar a construir un corpus teórico sobre qué es el cine desde un punto de vista basado en el sistema cognitivo del espectador.

7.2.3. Diferencias entre los patrones neuronales dependiendo del tipo de corte

Con respecto al segundo objetivo secundario, la localización de patrones de reacción neuronal diferenciada entre cada tipo de corte, pero al mismo tiempo dependiente del corte, también hemos obtenidos resultados positivos. El hecho de localizar mayor número de diferencias correlacionadas en la taxonomía G2 que en la taxonomía G1 y el hecho de que para G2 todas sean tras el cambio de plano, a diferencia de lo que sucede en G1, es un claro indicador de que las características específicas de cada tipo de corte se detectan más claramente cuando estos se agrupan según las características de la taxonomía G2. Esto significa que las variables adecuadas para determinar una taxonomía de cambio de plano por corte coherente con la

percepción del espectador tienen unas bases más acertadas en G2, ya que esta organización taxonómica resulta más ajustada al sistema cognitivo. A través de G1, en el caso de analizar las varianzas entre electrodos, obtenemos unos resultados más cercanos a los obtenidos al agrupar de todos los cortes juntos sin diferenciarlos por categorías taxonómicas, pero no permiten diferenciar las características propias de cada tipo de corte. Por lo que G1 acaba resultando similar a cruzar los cortes de forma general, no aportando resultados específicos en la diferenciación entre tipos de corte.

El hecho de que la clasificación de la taxonomía G2 base la estructura de sus categorías en las diferencias entre el plano anterior y posterior al corte y esta agrupación provoque diferenciaciones en las reacciones neurológicas apreciables entre categorías nos está indicando una dependencia absoluta de la reacción neurológica del espectador a las diferencias apreciables entre el plano nuevo respecto al plano anterior. El hecho de que los análisis sobre las diferencias entre los tipos de plano sean más acertados cuando tenemos en cuenta solamente la variación entre planos (G2) nos acerca hacia esta la idea de considerar la comprensión del corte por parte del espectador dependiente de los planos que conforman el cambio de plano, más que del input concreto del nuevo plano tras el corte (G1), acercándonos a las teorías clásicas que proponen la existencia de un lenguaje cinematográfico o al menos, la definición del cambio de plano como articulación de significantes (Mitry, 1963) en una realidad integrada (Huang, Treisman y Pashler, 2007) a partir de un sistema discontinuo (Koch, 2004).

Cuando analizamos la diferenciación concreta entre los diferentes tipos de corte, nos encontramos con que la mayor diferenciación se produce dependiendo de las diferencias entre las escalas de plano antes y después del corte, por encima de la variación del ángulo de cámara. Dado que los resultados que permiten realizar esta afirmación se derivan de una agrupación entre categorías hecha con posterioridad a los resultados obtenidos del análisis de la respuesta a la taxonomía G2, y las nuevas agrupaciones establecidas no han sido específicamente

diseñadas para su verificación, no podemos tomarlo como una afirmación absoluta, quizás hay que probar nuevas formas de diferenciar la angulación de cámara relacionándola con la generación del espacio fílmico. Lo que sí podemos deducir es que la variación de escala de plano permite establecer diferencias significativas al analizar los mecanismos de cognición del espectador desde el estudio neurológico.

Otro hallazgo interesante respecto a las categorías taxonómicas es que el tipo de corte más diferenciado de todos es el corte de plano general a plano general. Este tipo de corte tiene mucha relevancia en cuanto a la construcción espacial, ya que es un corte que enseña una gran espacialidad, dejando menos espacio fílmico en el fuera de campo que el resto de escalas de plano. Esta escala de plano es típicamente utilizada en el audiovisual para contextualizar las escenas filmadas y dar la información espacial que necesita el espectador, en algunos casos llamándose *planos de situación* y comúnmente utilizados al inicio de la escena (Katz, 2000). Siguiendo un estilo clásico de filmación, se comenzaría rodando con planos de situación, donde el espectador toma consciencia de todo el espacio fílmico para proseguir con planos de escala más reducida centrándose en los personajes, confiando que el espectador ya es capaz de ubicar las situaciones en el espacio fílmico mostrado en los planos de situación. Esta característica del plano general lo relaciona fuertemente con la generación del espacio fílmico en relación con el resto de escalas, por lo que a nivel neurológico tiene sentido que se diferencie del resto, ya que posiblemente tenga una mayor importancia en la codificación espacial que se produce en el hipocampo del espectador (Olton, Becker y Handelman, 1979). También es importante destacar que los cambios de ángulo no se diferencian mucho entre ellos, a excepción de con los cortes en el mismo eje, y los cambios de ángulo con el tipo de corte que más se diferencian es con el que mantienen la escala de plano constante.

En conclusión, podemos definir el cambio de plano por corte como la articulación entre significantes en una realidad integrada a partir de un sistema discontinuo. Esta

articulación se procesa a nivel cognitivo mediante el análisis de las diferencias entre planos, dando importancia no únicamente al nuevo plano como input independiente, sino que se procesa a partir de su relación con el plano anterior.

7.2.4. Conclusiones generales

Una vez hemos concluido de forma positiva sobre los objetivos secundarios de detectar patrones comunes ante el corte y determinar reacciones concretas para cada tipo de corte podemos establecer conclusiones sobre el objetivo principal. Para definir el corte como articulador del hecho fílmico es necesario, por un lado, que todos los cortes generen unas reacciones concretas y comunes por el hecho de visionar un cambio de plano por corte. Las conclusiones al analizar los resultados relacionados con el primer objetivo secundario nos indican precisamente que existen en las reacciones neuronales del espectador patrones comunes ante todo tipo de cambio de plano por corte, siendo esta condición necesaria para establecer en el corte la función de articulación. Al mismo tiempo se debe producir una variación en la respuesta neuronal dependiente del tipo de corte, como hemos logrado comprobar en el segundo objetivo secundario. Poder cumplir únicamente el primer objetivo secundario no definiría el corte como articulador, sino que simplemente lo definiría como evento cognitivo detectable. Para poder definir el cambio de plano por corte como articulación, además de suponer un evento cognitivo, debe cumplir también el segundo objetivo secundario. Haber respondido afirmativamente a la cuestión planteada por el segundo objetivo secundario, es decir, que el corte dependiendo de sus características produce una reacción neuronal diferenciada, nos permite definir el corte como articulador narrativo. La verificación de estos resultados desde la respuesta neurológica de los espectadores, y no desde la mera discusión teórica, nos permite afirmar la función del cambio de plano por corte como articulador,

añadiendo un elemento de prueba empírica nuevo a la discusión teórica sobre la naturaleza del cine, acercándonos a la posibilidad de afirmar la existencia de un lenguaje cinematográfico.

Los diferentes tipos de corte producen reacciones neuronales dependientes de la combinación entre los planos que lo conforman, creando un sistema perceptivo que el cine lleva utilizando y estudiando desde que abandonó el MRP (Burch, 1987). Concretamente detectamos una fuerte relación entre el corte como articulador fílmico con actividad neuronal en el hipocampo, resultados que están en misma línea que investigaciones recientes (Ben-Yakov y Henson, 2018). Haber detectado la existencia de respuestas neuronales desencadenadas por el evento de corte, al mismo tiempo que estas respuestas son específicamente diferenciadas según su tipología de cambio de plano, nos permite afirmar desde la realidad empírica la función de articulación que supone el corte en la narración fílmica. Poder definir el corte como un evento cognitivo que actúa como articulador narrativo es un paso más en el debate sobre si el cine tiene un lenguaje propio. Si el corte hubiese cumplido únicamente uno de los objetivos secundarios e incluso, si no hubiese cumplido ninguno, habríamos obtenido una negación rotunda al hecho de que el cine tuviese un lenguaje específicamente cinematográfico, al no existir articulación entre sus unidades propias. Sin embargo, los resultados obtenidos dejan la puerta abierta a un debate científico y experimental para poder alcanzar conclusiones objetivas sobre una cuestión teórica que tanto se ha discutido en el análisis cinematográfico y que supone definir la propia naturaleza comunicativa del medio. Esta investigación realiza una aportación novedosa en el intento de descifrar cómo reacciona el espectador ante el film, partiendo de la premisa teórica de que es esta reacción la que ha de definir la naturaleza final del cine como lenguaje, y concluyendo que desde esta perspectiva los resultados obtenidos indican que las pruebas empíricas aportadas son coherentes con el posicionamiento teórico que sostiene la posibilidad de que el cine es en sí un lenguaje. Además, como todo estudio que aporta nuevos resultados enmarcados en una

discusión teórica, las conclusiones obtenidas abren un nuevo camino para el análisis cinematográfica y generan nuevos interrogantes, abriendo una gran cantidad de posibilidades de investigación para el futuro.

Para finalizar, antes de proceder a exponer las investigaciones futuras que plantea el desarrollo de la investigación actual, procedemos a exponer la tabla 17 a modo de resumen con las conclusiones más significativas de la tesis doctoral.

Tabla 17: Resumen de las conclusiones obtenidas en la tesis doctoral.

METODOLOGÍA	OBJETIVO SECUNDARIO 1	OBJETIVO SECUNDARIO 2	OBJETIVO PRINCIPAL
Se consigue aislar en la señal registrada aquellas reacciones neuronales debidas al cambio de plano por corte partiendo de un experimento donde se visionan films no diseñados de propio para el laboratorio.	Se localizan e identifican patrones de reacción neuronal ante el cambio de plano por corte.	Se localizan e identifican diferencias entre los patrones de reacción neuronal ante el cambio de plano dependiendo del tipo de corte que lo desencadena.	El cambio de plano por corte actúa como articulador de la narración fílmica.
Se consigue localizar e identificar mediante automatizaciones computacionales todas aquellas reacciones neuronales representativas para el experimento entre el total de datos registrados.	Tras el corte se desactiva el <i>default mode network</i> .	El cerebro reacciona ante el nuevo plano en función del plano anterior, no procesa el plano nuevo como un input independiente. El cerebro articula una realidad integrada a partir de un sistema discontinuo.	La forma en la que el cerebro procesa el corte podría estar relacionado con la forma en la que procesa el lenguaje, por lo que el cine podría articularse mediante un lenguaje propio.
	Tras el corte se activan procesos neuronales relacionados con la memoria.	En el cambio de plano por corte la diferencia entre las escalas de plano desencadena procesos neuronales más diferenciados que las variaciones de ángulo de filmación.	
	Aparece una posible relación entre el corte y procesos neuronales de codificación espacio-temporal.	El tipo de cambio de plano por corte que más se diferencia del resto en cuanto a los procesos neuronales que desencadena es el paso de plano general a plano general.	
	Aparece una posible relación entre cómo el cerebro procesa el cambio de plano por corte y procesos de comprensión lingüística.	Se produce una clara diferencia entre los procesos neuronales que responden ante cambios de plano por corte centrados en los personajes y los centrados en el espacio fílmico.	

7.3. Futuras investigaciones

La línea de estudio establecida en la presente tesis doctoral conduce a continuar progresando en la determinación desde la neurocinemática de si el cine se conforma mediante un lenguaje propio o no. Conseguirlo implica gran cantidad de investigaciones parciales, pero a partir de este primer trabajo de investigación ya obtenemos unos resultados iniciales, al mismo tiempo que se intuyen una gran cantidad de investigaciones futuras de interés, para algunas de las cuales harían falta nuevos experimentos.

A partir de los datos obtenidos en el experimento ya realizado todavía quedan muchas líneas de desarrollo. La primera de ellas es un estudio profundo de las relaciones entre las bandas de frecuencia Alpha, Theta y Gamma y los procesos de memoria partiendo de los estudios que Wolfgang Klimesch, Michael Doppelmayr y Paul Sauseng llevan desarrollando desde los años 90 hasta la actualidad en el departamento de *Physiological Psychology* en la Universidad de Salzburgo (Klimesch, 1999; Klimesch, Schack y Sauseng, 2005; Klimesch, Schimke y Schwaiger, 1994; Pfurtscheller y Klimesch, 1990). También ha aparecido en los resultados obtenidos cierta lateralización izquierda en la zona parietal como respuesta al evento del cambio de plano por corte, un hallazgo que merece especial atención y estudio en base a las investigaciones neurológicas no neurocinemáticas que tratan procesos neuronales del lenguaje. La lateralización izquierda del lóbulo parietal se relaciona típicamente con la cognición del lenguaje (Redolar, 2014), por lo que los resultados obtenidos sugieren una posible relación entre la percepción fílmica y la percepción lingüística. Por ello resultaría interesante revisar en futuras investigaciones los resultados obtenidos mediante el electroencefalograma con especial interés en este aspecto concreto.

La siguiente línea de investigación que surge a partir de los resultados obtenidos consiste en ampliar los resultados obtenidos en el ERD/ERS al ritmo mu y además analizar el

event-related potential (ERP) de la señal original EEG buscando modelos de reacción neuronal en el dominio del tiempo y no en el dominio de la frecuencia. Todo el análisis de la presente tesis se ha centrado en el estudio del ERD/ERS, pero no se han trabajado los resultados desde el ERP. El ERP nos permite conocer la respuesta neuronal directa ante el estímulo, mientras que el ERD/ERS nos da información de la cantidad de neuronas que están reaccionando ante el estímulo. El análisis del ERP está muy estandarizado y existen modelos de respuesta que nos permite identificar las funciones cognitivas que se están desencadenando ante un input (Luck y Kappenman, 2011; Luck, Woodman y Vogel, 2000). Con respecto al estudio del EDR/ERS, sería interesante analizar el ritmo μ para estudiar si existe algún tipo de relación entre el corte (ya sea en conjunto o según categorías taxonómicas) y la diégesis. Además, podríamos cuantificar la variación del ritmo μ entre los cortes tal como hace Heimann (Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016), permitiéndonos hacer una clasificación de que categorías de cambio de plano por corte generan una mayor o menor diégesis en el espectador. Para ello sería necesario disponer de una señal como referencia, que ahora mismo no tenemos definida, pero podríamos utilizar un tipo de corte concreto como referencia.

Una línea complementaria a la investigación actual es analizar la articulación entre unidades dentro del plano secuencia. Por ello, al realizar los experimentos de registro del EEG sobre espectadores se decidió recopilar datos para investigaciones complementarias a la expuesta, por lo que se añadieron fragmentos de audiovisuales en plano secuencia. Este añadido fue pensado para optimizar los recursos de experimentación. A partir de este material registrado se plantea un estudio a largo plazo cuyo objetivo final es detectar una articulación cinematográfica más allá del corte, por lo que se buscarán patrones de articulación en el plano secuencia y se compararán con los obtenidos en las secuencias con cambios de plano por corte analizadas en el presente estudio. Esta investigación intentará avanzar en el debate sobre la posible existencia de un lenguaje cinematográfico más allá del corte, profundizando en las

articulaciones definidas dentro del plano por autores teóricos cinematográfico como Arnheim (1932), Kracauer (1960) o Bellour (1989).

Una investigación que requeriría una experimentación nueva sería plantearse la metodología expuesta desde el posicionamiento teórico contrario, es decir, desde la hipótesis de que el cine no tiene un lenguaje propio. Establecer si el cine es un lenguaje requiere poder refutar la hipótesis de que el cine es una articulación de diferentes lenguajes. Para ello sería necesario realizar un diseño experimental orientado a localizar los cambios de cada lenguaje como eventos cognitivos por un lado, y como articuladores por otro. Si planteamos el estudio desde la hipótesis que niega la existencia de un lenguaje propio, nos encontraríamos unas condiciones metodológicas similares a las presentes, donde no podríamos demostrar que el cine es una articulación, pero podríamos refutarla si el experimento no obtiene resultados positivos. Poder refutar o no experimentos desde la posición de que el cine no es un lenguaje es imprescindible para definir la naturaleza del hecho fílmico.

Otra línea de desarrollo que resulta interesante y también necesitaría de un diseño experimental nuevo está directamente relacionada al vínculo entre corte e hipocampo. El hipocampo está relacionado con la codificación espacial y temporal en el ser humano y el diseño experimental se ha planteado con unidades dramáticas que mantienen la unidad espacio-tiempo. Resultaría interesante comparar los resultados obtenidos con una nueva experimentación donde el espectador observa una escena que, a pesar de mantener unidad dramática, no cumple con la unidad espacio-temporal. Existen escenas en films con unidad dramática como en *Ciudadano Kane* (Welles, 1941) donde se rompe la unidad temporal, en *At Land* (Deren, 1946) en la que rompe la unidad espacial, o en la secuencia final de *La llegada* (Villeneuve, 2016) que rompe tanto la unidad espacial como temporal. En estas películas sucede por medio del cambio de plano, pero en films como *La mirada de Ulises* (Angelopoulos, 1995) sucede en un plano secuencia. Esta línea de estudio tanto sobre fragmentos editados

como en planos secuencia podría aportar información sobre cómo el hipocampo, a través de los procesos de memoria y codificación espacio-temporal, reacciona ante el visionado del film.

Una investigación que se considera interesante ya que, dependiendo de las conclusiones que se obtengan puede afectar directamente al modo de realizar un film, es buscar una relación entre características técnicas y estéticas del film con la percepción rítmica del film. Si el corte se gestiona a nivel cognitivo de forma similar a los parpadeos y las sacadas (Smith, 2005; Smith y Henderson, 2008), esto puede significar que en el visionado de un fragmento audiovisual el número parpadeos y sacadas en el espectador puede tener relación con la percepción del ritmo del film. Esta situación puede afectar directamente a la fatiga y la diégesis entre otras cosas. De la misma manera, si existen diferencias estéticas o técnicas que provoquen más parpadeos y sacadas, la sensación del espectador deberá ser la equivalente a la de un montaje más acelerado. Por ejemplo, quizás factores como la intensidad y saturación de los colores, el ritmo interno de la imagen (Eisenstein, 1949a) o la geometría compositiva intervienen en la cantidad de sacadas y parpadeos, influenciando en la percepción de la misma forma que si tuviese más cambios de plano de los que realmente tiene. Esta propuesta de estudio conllevaría dos pasos; primero definir aspectos estéticos que fueren más parpadeos y sacadas en el espectador y segundo realizar un estudio EEG buscando el soporte neurológico de la hipótesis. En el estudio del EEG orientado a esta investigación resultaría interesante analizar el ritmo mu y probablemente patrones neuronales relacionados con el *default mode network*. Para establecer la metodología de comparación mediante el análisis de varianza con el que operar los datos, trabajando por separado los parpadeos y las sacadas. Además habría que establecer unas características base como referencia para el material audiovisual y entorno a estas características realizar variaciones para analizar las categorías de comparación. En este caso el planteamiento experimental en cuanto al material audiovisual que se va a reproducir durante el experimento se considera metodológicamente más acertado desarrollarlo tal como lo hace Heimann en sus experimentos

(Heimann *et al.*, 2014; Heimann *et al.*, 2016), que implica filmar material de propio para la investigación, siendo las variaciones a estudiar las únicas diferencias en el material audiovisual.

Por último, un análisis más teórico y conceptual, pero que consideramos igualmente importante, es relacionar con profundidad la neuroestética (Ramachandran y Hirstein, 1999), la neurocinemática (Hasson *et al.*, 2008) y el ecologismo cognitivo cinematográfico (Anderson, 1998) con las propuesta de definición del discurso narrativo fílmico a través de tres instancias (Aumont *et al.*, 1995) expuesta en el apartado 2.1. La neurocinemática permite un nuevo enfoque al análisis cinematográfico y el ecologismo cognitivo cinematográfico una nueva forma de relación entre el espectador y el film. Esta situación actual abre la puerta a una revisión teórica de los conceptos clásicos de la teoría cinematográfica, anclada a una línea mucho más psicoanalista en las últimas décadas. Esta línea ya está en desarrollo y se han realizado dos publicaciones al respecto (Sanz *et al.*, 2019a; Sanz *et al.*, 2019b).

Existe una cantidad infinita de líneas de investigación que se podrían abordar desde la neurocinemática sobre la posible existencia de un lenguaje cinematográfico, como pueden ser comparaciones entre las reacciones neuronales entre diferentes tipos de lenguaje, investigaciones centradas sobre la demostración de una semántica de la narración audiovisual como están realizando el equipo de Vodrahalli (2018) o analizando la narración visual como Cohn y Kutas (2017), pero por coherencia con el planteamiento de la presente investigación y los conocimientos adquiridos, las investigaciones expuestas se consideran su continuación más natural.

8. Trabajos citados

- Adam, A., Ibrahim, Z., Mokhtar, N., Shapiyai, M., Mubin, M. y Saad, I. (2016). Feature selection using angle modulated simulated Kalman filter for peak classification of EEG signals. *SpringerPlus*, 5(1), 1580. doi:10.1186/s40064-016-3277-z
- Adeli, H., Ghosh-Dastidar, S. y Dadmehr, N. (2008). A spatio-temporal wavelet-chaos methodology for EEG-based diagnosis of Alzheimer's disease. *Neuroscience letters*, 190 - 194.
- Aftanas, L., Varlamov, A., Pavlov, S., Makhnev, V. y Reva, N. (2001). Affective picture processing: event-related synchronization within individually defined human theta band is modulated by valence dimension. *Neuroscience letters*, 303(2), 115-118. doi:10.1016/S0304-3940(01)01703-7
- Alcaraz, V. (2000). *Estructura y función del sistema nervioso: recepción sensorial y estados del organismo*. México D.F., México: UNAM.
- Alonso, J. (2018). *Historia del cerebro*. Córdoba, España: Guadalmazán.
- Amosa Delgado, M. (2011). *Manual CTO de medicina y cirugía: Neurología y neurocirugía*. Madrid, España: CTO.
- American Electroencephalographic Society. (1991). American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8(2), 200–202. doi:10.1097/00004691-199104000-00007
- Amiel, V. (2001/2005). *Estética del montaje*. Madrid, España: Alba editores.
- Amzica, F. y Steriade, M. (1998). Electrophysiological correlates of sleep delta waves. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 107(2), 69-83. doi:10.1016/S0013-4694(98)00051-0
- Anderson, J. (1998). *The reality of illusion: An ecological approach to cognitive film theory*. Illinois, U.S.A.: SIU Press.
- Anderson, J. (2013). Toward an ecology of the arts. En A. Shimamura, *Psychocinematics: Exploring cognition at the movies* (págs. 76-93). Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Andrew, J. (1984). *Concepts in Film Theory*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Andrew, J. D., Thevenet, H. A. y Ramió, J. R. (1976/1978). *Las principales teorías cinematográficas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Andrews, S. E., Blumenthal, T. D. y Flaten, M. A. (1998). Effects of caffeine and caffeine-associated stimuli on the human startle eyeblink reflex. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 59(1), 39-44. doi:10.1016/S0091-3057(97)00331-6
- Angelopoulos, T. (Dirección). (1995). *To vlemma tou Odyssea* [Película]. Grecia: Paradis Films.
- Aristóteles. (trad. 2004). *La poética*. Madrid, España: Alianza editorial.
- Arnheim, R. (1932/1996). *El cine como arte*. Barcelona, España: Paidós.
- Artieda, J., Alegre, M., Valencia, J., Urrestarazu, E., Pérez-Alcázar, M., Nicolás, M., . . . Iriarte, J. (2009). Oscilaciones cerebrales: papel fisiopatológico y terapéutico en algunas enfermedades neurológicas y psiquiátricas. *Anales del sistema sanitario de Navarra*, 32(3), 45-60.
- Aronofsky, D. (Dirección). (2010). *Black Swan* [Película]. U.S.A.: Fox Searchlight.
- Asenjo, A., Horvitz, I., Vergara, A. y Contreras, M. (2011). La lobotomía prefrontal como tratamiento de algunas psicosis. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 49(3), 225-240. doi:10.4067/S0717-92272011000300002

- Aumont, J. y Marie, M. (1988/2009). *Análisis del film*. Barcelona, España: Editorial Paidós Ibérica.
- Aumont, J., Bergala, A., Marie, M. y Vernet, M. (1995/1996). *Estética del cine*. Barcelona, España: Paidós.
- Babiloni, C., Miniussi, C., Babiloni, F., Carducci, F., Cincotti, F., Del Percio, C., . . . Rossini, P. (2004). Sub-second “temporal attention” modulates alpha rhythms. A high-resolution EEG study. *Cognitive Brain Research*, 19(3), 259-268. doi:10.1016/j.cogbrainres.2003.12.010
- Bachelard, G. (1957/2000). *La poética del espacio*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de cultura económica de Argentina.
- Ballarín, M. (2011). Historia del Cine II: lenguaje fílmico: Articulación del lenguaje cinematográfico. La estructura narrativa de un film. Formas de articulación entre planos. Tipos de montaje. *Revista de Claseshistoria*, 6.
- Barraza, J. y Zak, P. (2009). Empathy toward strangers triggers oxytocin release and subsequent generosity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1167(1), 182-189. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.04504.x
- Barraza, J., Alexander, V., Beavin, L., Terris, E. y Zak, P. (2015). The heart of the story: Peripheral physiology during narrative exposure predicts charitable giving. *Biological Psychology*, 105, 138-143. doi:10.1016/j.biopsycho.2015.01.008
- Barthes, R. (1964/1971). *Elementos de semiología*. Madrid, España: Albert Corazón.
- Barthes, R. (1968/1987). La muerte del autor. En R. Barthes, *El susurro del lenguaje* (págs. 65-71). Barcelona, España: Paidós.
- Baudry, J.-L. (1975). Le dispositif. *Communications*, 23(1), 56-72. doi:10.3406/comm.1975.1348
- Bazin, A. (1953). Comment présenter et discuter un film! En J. Chevallier y M. Egly, *Regards neufs sur le cinéma*. Francia: Le Seuil.
- Bazin, A. (1958/2004). *¿Qué es el cine?* Madrid, España: Ediciones Rialp.
- Bellour, R. (1989/2014). *L'analyse du film*. París, Francia: Calmann-Lévy.
- Ben-Yakov, A. y Henson, R. (2018). The hippocampal film-editor: sensitivity and specificity to event boundaries in continuous experience. *bioRxiv*, 38(47), 273409. doi:10.1523/JNEUROSCI.0524-18.2018
- Bettetini, G. (1975). *Cine: Lengua y escritura*. Mexico D.F., Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Bezdek, M. A., Wenzel, W. G. y Schumacher, E. H. (2017). The Effect of Suspense on Brain Activation and Memory During Naturalistic Viewing. *Biological Psychology*, 129. doi:10.1016/j.biopsycho.2017.07.020
- Bonferroni, C. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilita. *Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze*, 8, 3-62.
- Bonitzer, P. (1976). *Le regard et la voix*. París, Francia: Union générale d'éditions.
- Boole, G. (1847/1984). *El análisis matemático de la lógica*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.
- Boole, G. (1854/1982). *Investigación sobre las leyes del pensamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Bordwell, D. (1985/1996). *La narración en el cine de ficción*. Barcelona, España: Paidós.
- Bordwell, D. (1989). A case for cognitivism. *Iris*, 11-40.
- Bordwell, D. (2013). The viewer's share: Models of mind in explaining film. En A. Shimamura, *Psychocinematics: Exploring Cognition at the Movies* (págs. 29-52). Oxford, U.K.: Oxford University Press.

- Bordwell, D. y Thompson, K. (1995). Technological Change and Classical Film Style. En T. Balio, *Grand Design: Hollywood as a Modern Business Enterprise, 1930–1939* (págs. 109-141). Berkeley, U.S.A.: University of California Press.
- Bordwell, D., Staiger, J. y Thomps, K. (1985). *The classical Hollywood cinema: Film style & mode of production to 1960*. New York, U.S.A.: Columbia University Press.
- Bordwell, D., Thompson, K. y Smith, J. (1997). *Film art: An introduction*. New York, U.S.A.: McGraw-Hill.
- Box, J. (1987). Guinness, Gosset, Fisher, and small samples. *Statistical science*, 2(1), 45-52. doi:10.1214/ss/1177013437
- Branco, J., Atalaia, A. y Paiva, T. (1994). Sleep cycles and alpha-delta sleep in fibromyalgia syndrome. *The Journal of rheumatology*, 21(6), 1113-1117.
- Breedlove, E., Robinson, M., Talavage, T., Morigaki, K., Yoruk, U., O’Keefe, K., . . . Nauman, E. (2012). Biomechanical correlates of symptomatic and asymptomatic neurophysiological impairment in high school football. *Journal of biomechanics*, 45(7), 1265-1272. doi:10.1016/j.jbiomech.2012.01.034
- Breggin, P. (1972). The return of lobotomy and psychosurgery. *Congressional Record*, 118(26), E1602-E1612.
- Broca, P. (1861a). Sur le principe des localisations cérébrales. *Bulletin de la Société d’Anthropologie*, 2, 190-204.
- Broca, P. (1861b). Nouvelle observation d’aphémie produite par une lésion de la moitié postérieure des deuxième et troisième circonvolutions frontales. *Bulletins de la Société anatomique de Paris*, 36, 398-407.
- Broca, P. (1863). Localisation des fonctions cérébrales: Siège de langage articulé. *Bulletins de la Société d’Anthropologie de Paris*, 4, 200-208.
- Broca, P. (1866). Sur la faculté générale du langage, dans ses rapports avec la faculté du langage articulé. *Bulletin de la Société d’Anthropologie Deuxième*, 1, 377-382.
- Brodmann, K. (1909/2007). *Brodmann’s: Localisation in the cerebral cortex*. Lausanne, Suiza: Springer Science & Business Media.
- Burch, N. (1969/2004). *Praxis del cine*. Madrid, España: Editorial Fundamentos.
- Burch, N. (1987/2006). *El tragaluz del infinito*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.
- Busch, N. y VanRullen, R. (2010). Spontaneous EEG oscillations reveal periodic sampling of visual attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(37), 16048-16053. doi:10.1073/pnas.1004801107
- Buzsaki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Buzsáki, G., Anastassiou, C. y Koch, C. (2012). The origin of extracellular fields and currents—EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nature reviews neuroscience*, 6, 407-420. doi:10.1038/nrn3241
- Bzdok, D., Hartwigsen, G., Reid, A., Laird, A., Fox, P. y Eickhoff, S. (2016). Left inferior parietal lobe engagement in social cognition and language. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 319-334. doi:10.1016/j.neubiorev.2016.02.024
- Caballero-Molina, J. (2009). *El ente como espacio generativo de la expresión fílmica. Una revisión de los fundamentos conceptuales clásicos*. (tesis doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Calbi, M., Heimann, K., Barratt, D., Siri, F., Umiltà, M. y Gallese, V. (2017). How context influences our perception of emotional faces: a behavioral study on the Kuleshov effect. *Frontiers in psychology*, 8, 1684. doi:10.3389/fpsyg.2017.01684
- Calcina, V. (Dirección). (1896). *Leone XIII* [Película]. Italia.
- Camporesi, V. (2015). Imagen real e imagen dibujada: Inciertas frontera en la historia del cine. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, 13, 211-219.

- Canudo, R. (1927). *L'Usine aux images*. París, Francia: Chiron.
- Cañizares Fernández, E. (2002). *El lenguaje del cine: semiología del discurso filmico*. (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Carroll, J. y Bever, T. (1976). Segmentation in cinema perception. *Science*, 191(4231), 1053-1055. doi:10.1126/science.1251216
- Carroll, N. (1985). The power of movies. *Daedalus*, 114(4), 79-103. doi:10.2307/20025011
- Carroll, N. (1988). Film/mind analogies: The case of Hugo Munsterberg. *Journal of aesthetics and art criticism*, 46(4), 489-499. doi:10.2307/431286
- Carroll, N. y Seeley, W. P. (2013). Cognitivism, psychology, and neuroscience: Movies as attentional engines. En A. P. Shimamura, *Psychocinematics: Exploring cognition at the movies* (págs. 53-75). Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Casetti, F. y di Chio, F. (1990/2009). *Cómo analizar un film*. Barcelona, España: Editorial Paidós Ibérica.
- Cassani, R., Falk, T., Fraga, F., Kanda, P. y Anghinah, R. (2014). The effects of automated artifact removal algorithms on electroencephalography-based Alzheimer's disease diagnosis. *Frontiers in aging neuroscience*, 6, 55. doi:10.3389/fnagi.2014.00055
- Castet, E., Jeanjean, S., Montagnini, A., Laugier, D. y Masson, G. (2006). Dynamics of attentional deployment during saccadic programming. *Journal of Vision*, 6(3), 2-2. doi:10.1167/6.3.2
- Castillo, P. (1999). *Codificación y transmisión robusta de señales de video MPEG-2 de caudal variable sobre redes de transmisión asíncrona ATM*. (tesis doctoral). Univ. de Castilla La Mancha, Escuela politécnica superior de Albacete, Albacete, España.
- Catanese, R., Scotto Lavina, F. y Valentina, V. (2019). *From Sensation to Synaesthesia in Film and New Media*. Cambridge, U.K.: Cambridge Scholars Publishing.
- Chazelle, D. (Dirección). (2014). *Whiplash* [Película]. U.S.A.: Blumhouse Productions.
- Chomette, H. (Dirección). (1925). *Reflets de lumiere et de vitesse* [Película]. Francia.
- Chomette, H. (Dirección). (1926). *Cinq minutes de cinema pur* [Película]. Francia.
- Cochin, S., Barthelemy, C., Roux, S. y Martineau, J. (1999). Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, 11(5), 1839-1842. doi:10.1046/j.1460-9568.1999.00598.x
- Coëgnarts, M. y Kravanja, P. (2015). *Embodied cognition and cinema*. Leuven, Belgica: Leuven University Press.
- Cohen, M. (2017). *MATLAB for brain and cognitive scientists*. Massachusetts, U.S.A.: MIT Press.
- Cohen-Séat, G. (1958). *Essai sur les principes d'une philosophie du cinéma*. París, Francia: Presses universitaires de France.
- Cohen-Séat, G., Gastaut, H. y Bert, J. (1954). Modification de l'EEG pendant la projection cinématographique. *Revue Internationale de Filmologie*, 5(16), 27-28.
- Cohn, N. y Kutas, M. (2017). What's your neural function, visual narrative conjunction? Grammar, meaning, and fluency in sequential image processing. *Cognitive Research*, 2(1), 27. doi:10.1186/s41235-017-0064-5
- Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P. y Hommel, B. (2008). Reduced spontaneous eye blink rates in recreational cocaine users: evidence for dopaminergic hypoactivity. *PLoS One*, 3(10), e3461. doi:10.1371/journal.pone.0003461
- Córdova, A. (2003). *Fisiología dinámica*. Barcelona, España: Masson.
- Corrigan, T. y White, P. (2004/2006). *The film experience*. New York, U.S.A.: Macmillan.

- Costa, L. y Bauer, L. (1997). Quantitative electroencephalographic differences associated with alcohol, cocaine, heroin and dual-substance dependence. *Drug and alcohol dependence*, 46(1-2), 87-93. doi:10.1016/S0376-8716(97)00058-6
- Costa, T., Rognoni, E. y Galati, D. (2006). EEG phase synchronization during emotional response to positive and negative film stimuli. *Neuroscience letters*, 406(3), 159-164. doi:10.1016/j.neulet.2006.06.039
- Cutting, J. (2005). Perceiving scenes in film and in the world. En J. Anderson, B. Anderson y D. Bordwell, *Moving image theory: Ecological considerations* (págs. 9-27). Illinois, U.S.A.: SIU Press.
- Cutting, J. (2014). Event segmentation and seven types of narrative discontinuity in popular movies. *Acta psychologica*, 149, 69-77. doi:10.1016/j.actpsy.2014.03.003
- Cutting, J., Brunick, K. y Candan, A. (2012). Perceiving event dynamics and parsing Hollywood films. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 38(6), 1476. doi:10.1037/a0027737
- Cutting, J., Brunick, K. y DeLong, J. (2011). The changing poetics of the dissolve in Hollywood film. *Empirical Studies of the Arts*, 29(2), 149-169. doi:10.2190/EM.29.2.b
- Cutting, J., DeLong, J. y Brunick, K. (2011). Visual activity in Hollywood film: 1935 to 2005 and beyond. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 5(2), 115. doi:10.1037/a0020995
- Dalmau, J., Gleichman, A., Hughes, E., Rossi, J., Peng, X., Lai, M., . . . Lynch, D. (2008). Anti-NMDA-receptor encephalitis: case series and analysis of the effects of antibodies. *The Lancet Neurology*, 7(12), 1091-1098. doi:10.1016/S1474-4422(08)70224-2
- D'Arco, M., Liccardo, A. y Pasquino, N. (2012). ANOVA-based approach for DAC diagnostics. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 61(7), 1874-1882. doi:10.1109/TIM.2011.2182251
- David, L. (Dirección). (2000). *Curb Your Enthusiasm* [Película]. U.S.A.: Production Partners.
- de Chomón, S. (Dirección). (1907). *Les Kiriki, acrobates japonais* [Película]. Francia: Pathé Frères.
- de Lange, F., Jensen, O., Bauer, M., & Toni, I. (2008). Interactions between posterior gamma and frontal alpha/beta oscillations during imagined actions. *Frontiers in human neuroscience*, 2, 7. doi:10.3389/neuro.09.007.2008
- Dede, A., Frascino, J., Wixted, J. y Squire, L. (2016). Learning and remembering real-world events after medial temporal lobe damage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(47), 13480-13485. doi:10.1073/pnas.1617025113
- Deleuze, G. (1982/2011). *Cine II. Los signos del movimiento y el tiempo*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Cactus.
- Deleuze, G. (1984/2003). *La imagen-movimiento. Estudios sobre cine 1*. Barcelona, España: Ediciones Paidós ibérica.
- Deleuze, G. (1985/1996). *La imagen-tiempo: Estudios sobre cine 2*. Barcelona, España: Paidós.
- Delgado-García, J. (2011). *Lenguajes del cerebro*. Sevilla, España: Letra Áurea.
- Delgado-García, J. (2015). Cajal and the conceptual weakness of neural sciences. *Frontiers in neuroanatomy*, 9, 128. doi:doi.org/10.3389/fnana.2015.00128
- Delorme, A., Westerfield, M. y Makeig, S. (2007). Medial prefrontal theta bursts precede rapid motor responses during visual selective attention. *Journal of Neuroscience*, 27(44), 11949-11959. doi:10.1523/JNEUROSCI.3477-07.2007
- Deren, M. (Dirección). (1946). *At Land* [Película]. U.S.A.: Maya Deren Experimental Films.

- Diamond, M. C., Scheibel, A. B., & Elson, L. M. (1996). *El cerebro humano*. Barcelona, España: Ariel.
- Díaz, P. (2008). Implicancias de las técnicas de medición de la actividad cerebral en la cognición: ¿El tiempo o el espacio? *Revista de Psicología*, 17(1), 87-100. doi:10.5354/0719-0581.2011.17143
- Dickson, W. y Heise, W. (Dirección). (1894). *Imperial Japanese Dance* [Película]. U.S.A.: Edison Manufacturing Company.
- Dimitriadis, S., Laskaris, N., Tsirka, V., Vourkas, M. y Micheloyannis, S. (2010). What does delta band tell us about cognitive processes: a mental calculation study. *Neuroscience*, 483(1), 11-15. doi:10.1016/j.neulet.2010.07.034
- Dimond, S. y Farrington, L. (1977). Emotional response to films shown to the right or left hemisphere of the brain measured by heart rate. *Acta Psychologica*, 41(4), 255 - 260. doi:10.1016/0001-6918(77)90020-8
- Dmochowski, J. P., Bezde, M. A., Abelson, B. P., Johnson, J. S., Schumacher, E. H. y Parra, L. C. (2014). Audience preferences are predicted by temporal reliability of neural processing. *Nature communications*, 5, 4567. doi:10.1038/ncomms5567
- Dmochowski, J. P., Sajda, P., Dias, J. y Parra, L. C. (2012). Correlated components of ongoing EEG point to emotionally laden attention—a possible marker of engagement? *Frontiers in human neuroscience*, 6, 112. doi:10.3389/fnhum.2012.00112
- Dmytryk, E. (1984/2012). *On film editing*. Oxford, U.K.: Taylor & Francis.
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Pachinger, T. y Ripper, B. (1998). The functional significance of absolute power with respect to event-related desynchronization. *Brain topography*, 11(2), 133-140. doi:10.1023/A:1022206622348
- Drexler, W. y Fujimoto, J. (2015). *Optical Coherence Tomography*. Cham, Suiza: Springer.
- Durant, S. y Zanker, J. (2009). Characterizing motion contour detection mechanisms and equivalent mechanisms in the luminance domain. *Journal of vision*, 9(1), 36. doi:10.1167/9.1.36
- Eco, U. (1968/1978). *La estructura ausente*. Barcelona, España: Lumen.
- Eco, U. (1976). Articulations of the cinematic code. En B. Nichols, *Movies and methods* (Vol. 1, págs. 590-607). London, U.K.: University of California Press.
- Eggeling, V. (Dirección). (1924). *Symphonie diagonale* [Película]. Alemania: Essex Films.
- Eichenbaum, H. (2014). Time cells in the hippocampus: a new dimension for mapping memories. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(11), 732. doi:10.1038/nrn3827
- Eichenbaum, H. (2017). Time (and space) in the hippocampus. *Current opinion in behavioral sciences*, 17, 65-70. doi:10.1016/j.cobeha.2017.06.010
- Eisenstein, S. (1949a/2002). *Teoría y técnica cinematográfica*. Madrid, España: Ediciones Rialp.
- Eisenstein, S. (1949b/2006). *La forma del cine*. Madrid, España: Siglo Veintiuno.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American psychologist*, 48(4), 384 - 392. doi:10.1037/0003-066X.48.4.384
- Ekman, P. (2003/2013). *El rostro de las emociones*. Barcelona, España: RBA libros.
- Estaban, A. (1999). A neurophysiological approach to brainstem reflexes. Blink reflex. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 28(1), 7-38. doi:10.1016/S0987-7053(99)80039-2
- Faber, L., Maurits, N. y Lorist, M. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. *PloS one*, 7(10), e48073. doi:10.1371/journal.pone.0048073
- Fahlenbrach, K. (2015). *Embodied metaphors in film, television, and video games: Cognitive approaches*. New York, U.S.A.: Routledge.

- Finch, O. D., Blick, T. y Schuldt, A. (2008). Macroecological patterns of spider species richness across Europe. *Biodiversity and Conservation*, 17(12), 2849-2868. doi:10.1007/s10531-008-9400-x
- Fisher, R. (1937). *The design of experiments*. Edinburgh, U.K.: Oliver And Boyd.
- Ford, J. (Dirección). (1956). *The Searchers* [Película]. U.S.A.: Warner Bros.
- Frampton, D. (2006). *Filmosophy*. Columbia, U.S.A.: Columbia University Press.
- Frances, R. (1968/1985). *Psicología del arte y de la estética*. Madrid, España: Akal.
- Francuz, P. y Zabielska-Mendyk, E. (2013). Does the brain differentiate between related and unrelated cuts when processing audiovisual messages? An ERP study. *Media Psychology*, 16(4), 461-475. doi:10.1080/15213269.2013.831394
- Freeman, W. (1949). Transorbital lobotomy. *American Journal of Psychiatry*, 105(10), 734-740. doi:10.1176/ajp.105.10.734
- Freeman, W. y Watts, J. (1945). Prefrontal lobotomy: The problem of schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 101(6), 739-748. doi:10.1176/ajp.101.6.739
- Freeman, W. J. (2006). A cinematographic hypothesis of cortical dynamics in perception. *International Journal of Psychophysiology*, 60(2), 149-161. doi:10.1016/j.ijpsycho.2005.12.009
- Fromm, E. (1951/2012). *El lenguaje olvidado*. Madrid, España: Paidós.
- Furukawa, Z., Nogi, K. y Tokunaga, K. (1986). AGENT: An advanced test-case generation system for functional testing. *AFIPS Conference Proceedings*. 55, págs. 525-535. Las Vegas, Nevada, U.S.A.: AFIPS Press Arlington.
- Fuster, J. (2003). *Cortex and mind: Unifying cognition*. Oxford, U.K.: Oxford university press.
- Fuster, J. (2009). Cortex and memory: emergence of a new paradigm. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(11), 2047-2072. doi:10.1162/jocn.2009.21280
- Gallese, V. (2005). Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 4(1), 23-48. doi:10.1007/s11097-005-4737-z
- Gallese, V. y Guerra, M. (2012). Embodying movies: Embodied simulation and film studies. *Cinema: Journal of Philosophy and the Moving Image*, 3, 183-210.
- Gallese, V., Keysers, C. y Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basics social cognition. *Trends in cognitive sciences*, 8(9), 396-403. doi:10.1016/j.tics.2004.07.002
- García, F. G. (2006). *Narrativa audiovisual: televisiva, fílmica, radiofónica, hipermedia y publicitaria*. Madrid, España: Laberinto.
- Gastaut, H. y Bert, J. (1954). EEG changes during cinematographic presentation (Moving picture activation of the EEG). *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 6, 433-444.
- Gaudreault, A. y Jost, F. (1990/1995). *El relato cinematográfico: cine y narratología*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Genette, G. (1972). *Figures III*. París, Francia: Éditions du Seuil.
- Gilat, A. (2006). *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*. Barcelona, España: Reverté.
- Godard, J.-L. (8 de 3 de 1968). Jean-Luc Godard: No difference between Life and Cinema. 15-20. (G. Youngblood, Entrevistador) Los Angeles Free Press.
- Gomez, P., Zimmermann, P., Guttormsen-Schär, S. y Danuser, B. (2005). Respiratory responses associated with affective processing of film stimuli. *Biological psychology*, 68(3), 223 - 235. doi:10.1016/j.biopsycho.2004.06.003
- Gordon, E. y Sim, M. (1967). The EEG in presenile dementia. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 30(3), 285.

- Gosset, W. (1908a). The probable error of a mean. *Biometrika*, 6, 1-25.
- Gosset, W. (1908b). The Application of the 'Law of Error' to the Work of the Brewery. 3-6.
- Griffith, D. (Dirección). (1916). *Intolerance* [Película]. U.S.A.: The Triangle Film Corporation.
- Gunning, T. (1986). The cinema of attraction. *Wide Angle*, 8(3), 63-70.
- Guy, A. (Dirección). (1902). *Sage Femme De Première Classe* [Película]. Francia: Sage Femme De Première Classe.
- Guy, A. (Dirección). (1903). *Comment monsieur prend son bain* [Película]. Francia: Société des Etablissements L. Gaumont.
- Hao, N., Ku, Y., Liu, M., Bodner, M., Grabner, R. y Fink, A. (2016). Reflection enhances creativity: Beneficial effects of idea evaluation on idea generation. *Brain and Cognition*, 103, 30-37. doi:10.1016/j.bandc.2016.01.005
- Hansen, M. (1992). Mass Culture as Hieroglyphic Writing: Adorno, Derrida, Kracauer. *New German Critique*, 56, 43-73.
- Hasson, U., Landesman, O., Knappmeyer, B., Vallines, I., Rubin, N. y Heeger, D. (2008). Neurocinematics: The neuroscience of film. *Projections: The journal for movies and mind*, 2(1), 2-26. doi:10.3167/proj.2008.020102
- Hasson, U., Nir, Y., Levy, I., Fuhrmann, G. y Malach, R. (2004). Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *science*, 303(5664), 1634-1640. doi:10.1126/science.1089506
- Hawkins, J. y Blakeslee, S. (2007). *On intelligence: How a new understanding of the brain will lead to the creation of truly intelligent machines*. New York, U.S.A.: Macmillan.
- Hayashi, T., Okamoto, E., Nishimura, H., Mizuno-Matsumoto, Y., Ishii, R. y Ukai, S. (2009). Beta activities in EEG associated with emotional stress. *International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences & Image Processing*, 3(1), 57-68. doi:10.1080/1931308X.2009.10644171
- He, J., Zhang, Y., Zhang, C., Zhou, M. y Han, Y. (2016). A noninvasive real-time solution for driving fatigue detection based on left prefrontal EEG and eye blink. En G. Ascoli, M. Hawrylycz, H. Ali, D. Khazanchi y Y. Shi, *Brain Informatics and Health* (págs. 325-335). Cham, Suiza: Springer.
- Heeger, D. y Ress, D. (2002). What does fMRI tell us about neuronal activity? *Nature Reviews Neuroscience*, 3(2), 142-151. doi:10.1038/nrn730
- Heeren, T. y D'Agostino, R. (1987). Robustness of the two independent samples t-test when applied to ordinal scaled data. *Statistics in medicine*, 6(1), 19-90. doi:10.1002/sim.4780060110
- Heiberger, R. y Neuwirth, E. (2009). One-way anova. En R. M. Heiberger y E. Neuwirth, *R through excel* (págs. 165 - 191). New York: Springer.
- Heimann, K., Uithol, S., Calbi, M., Umiltà, M., Guerra, M. y Gallese, V. (2016). "Cuts in Action": A High-Density EEG Study Investigating the Neural Correlates of Different Editing Techniques in Film. *Cognitive Science*, 41(6), 1-34. doi:10.1111/cogs.12439
- Heimann, K., Umiltà, M., Guerra, M. y Gallese, V. (2014). Moving mirrors: A high-density EEG study investigating the effect of camera movements on motor cortex activation during action observation. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(9), 2087-2101. doi:10.1162/jocn_a_00602
- Helm-Estabrooks, N., & Albert, M. (2005). *Manual de la afasia y de terapia de la afasia*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Hermann, N. (1997). What is the function of the various brainwaves? *Scientific American*.
- Herweg, N., Apitz, T., Leicht, G., Mulert, C., Fuentemilla, L. y Bunzeck, N. (2016). Theta-alpha oscillations bind the hippocampus, prefrontal cortex, and striatum during

- recollection: evidence from simultaneous EEG–fMRI. *Journal of Neuroscience*, 36(12), 3579-3587. doi:10.1523/JNEUROSCI.3629-15.2016
- Hohlefeld, F., Ehlen, F., Tiedt, H., Krugel, L., Horn, A., Kuhn, A., . . . Nikulin, V. (2015). Correlation between cortical and subcortical neural dynamics on multiple time scales in Parkinson's disease. *Neuroscience*, 298, 145-160. doi:10.1016/j.neuroscience.2015.04.013
- Hotelling, H. (1930). British Statistics and Statisticians Today. *Journal of the American Statistical Association*, 25(170), 186–190.
- Howard, M. y Eichenbaum, H. (2015). Time and space in the hippocampus. *Brain research*, 1621, 345-354. doi:10.1016/j.brainres.2014.10.069
- Huang, L., Treisman, A. y Pashler, H. (2007). Characterizing the limits of human visual awareness. *Science*, 317(5839), 823-825. doi:10.1126/science.1143515
- Hubert, W. y de Jong-Meyer, R. (1990). Psychophysiological response patterns to positive and negative film stimuli. *Biological psychology*, 31(1), 73-93. doi:10.1016/0301-0511(90)90079-C
- Huettel, S., Allen, W. y McCarthy, G. (2004). *Functional magnetic resonance imaging*. Sunderland, U.K.: Sinauer Associates.
- Igartua, J. y Muñoz, C. (2008). Identificación con los personajes y disfrute ante largometrajes de ficción. Una investigación empírica. *Comunicación y sociedad*, 21(1), 25-52.
- Im, C.-H., Jun-Hak, L. y Jeong-Hwan, L. (2015). Neurocinematics based on passive BCI: Decoding temporal change of emotional arousal during video watching from multi-channel EEG. *Control Conference (ASCC), 2015 10th Asian* (págs. 1-3). IEEE. doi:10.1109/ASCC.2015.7244792
- Jackendoff, R. (1987). *Consciousness and the computational mind*. Cambridge, U.K.: The MIT Press.
- Jacquinet, G. (1977/2012). *Image et pédagogie*. París, Francia: Archives contemporaines.
- Javor, A., Koller, M., Lee, N., Chamberlain, L. y Ransmayr, G. (2013). Neuromarketing and consumer neuroscience: contributions to neurology. *BMC neurology*, 13(1), 13. doi:10.1186/1471-2377-13-13
- Jensen, O. y Tesche, C. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European journal of Neuroscience*, 15(8), 1395-1399. doi:10.1046/j.1460-9568.2002.01975.x
- Jensen, O., Kaiser, J. y Lachaux, J.-P. (2007). Human gamma-frequency oscillations associated with attention and memory. *Trends in neurosciences*, 30(7), 317-324. doi:10.1016/j.tins.2007.05.001
- Jimeno, E. (Dirección). (1897). *Salida de misa de doce del Pilar de Zaragoza* [Película]. España: Eduardo Jimeno.
- Johnson, J. y Ittlefield, M. (2011). Lost and found in translation: Popular neuroscience in the emerging neurodisciplines. *Sociological reflections on the neurosciences*, 13, 279-297.
- Julien, I. (2013). *Ten Thousand Waves*. [Videoinstalación]. The Museum of Modern Art (MoMA), New York, U.S.A.
- Kahn, H. (1949). *Stochastic (monte carlo) attenuation analysis*. RAND Corporation Report. Orig. Receipt Date: 31-DEC-49.
- Katz, B. y McSweeney, M. (1980). A multivariate Kruskal-Wallis test with post hoc procedures. *Multivariate Behavioral Research*, 15(3), 281-297. doi:10.1207/s15327906mbr1503_4
- Katz, S. (2000/2005). *Plano a plano*. Madrid, España: Plot ediciones.

- Kauttonen, J., Kaipainen, M. y Tikka, P. (2014). Model of Narrative Nowness for Neurocinematic Experiments. *5th Workshop on Computational Models of Narrative*, 41, págs. 77-87. Quebec: Dagstuhl Publishing. doi:10.4230/OASICS.CMN.2014.77
- Kazan, E. (Dirección). (1954). *On the Waterfront* [Película]. U.S.A.: Columbia Pictures.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research reviews*, 29(2-3), 169-195. doi:10.1016/S0165-0173(98)00056-3
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T. y Ripper, B. (1996). Theta band power in the human scalp and the encoding of new information. *NeuroReport*, 7(7), 9-12. doi:10.1097/00001756-199605170-00002
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T. y Ripper, B. (1997a). Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neuroscience letters*, 9-12.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Schimke, H. y Ripper, B. (1997b). Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology*, 169-176.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Schwaiger, J., Auinger, P. y Winkler, T. (1999). 'Paradoxical' alpha synchronization in a memory task. *Cognitive Brain Research*, 493-501.
- Klimesch, W., Schack, B. y Sauseng, P. (2005). The functional significance of theta and upper alpha oscillations. *Experimental psychology*, 52(2), 99-108. doi:10.1027/1618-3169.52.2.99.
- Klimesch, W., Schimke, H. y Schwaiger, J. (1994). Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG theta and alpha band. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 91(6), 428-441. doi:10.1016/0013-4694(94)90164-3
- Knyazev, G. y Slobodskoj-Plusnin, J. (2009). Event-related delta and theta synchronization during explicit and implicit emotion processing. *Neuroscience*, 164(4), 1588-1600. doi:10.1016/j.neuroscience.2009.09.057
- Koch, C. (2004). *The quest for consciousness: A Neurobiological Approach*. Englewood, EE.UU.: Francis Crick.
- Koessler, L., Maillard, L., Benhadid, A., Vignal, J., Felblinger, J., Vespignani, H. y Braun, M. (2009). Automated cortical projection of EEG sensors: anatomical correlation via the international 10–10 system. *Neuroimage*, 46(1), 64-72. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.02.006
- Kolodyazhniy, V., Kreibitz, S., Gross, J., Roth, W. y Wilhelm, F. (2011). An affective computing approach to physiological emotion specificity: Toward subject-independent and stimulus-independent classification of film-induced emotions. *Psychophysiology*, 48(7), 908-922. doi:10.1111/j.1469-8986.2010.01170.x
- Konigsberg, I. (2004). *Diccionario técnico Akal de cine*. Madrid, España: Ediciones Akal.
- Koolstra, C., Peeters, A. y Spinhof, H. (2002). The pros and cons of dubbing and subtitling. *European Journal of Communication*, 325-354.
- Korot, B. (1977). *Text and Commentary*. [Videoinstalación]. Leo Castelli Gallery, New York, U.S.A.
- Kracauer, S. (1960/1996). *Teoría del Cine*. Barcelona, España: Paidós.
- Krause, C. M., Viemerö, V., Rosenqvist, A., Sillanmäki, L. y Aström, T. (2000). Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in humans to emotional film content: an analysis of the 4–6, 6–8, 8–10 and 10–12 Hz frequency bands. *Neuroscience letters*, 286(1), 9-12. doi:10.1016/S0304-3940(00)01092-2

- Krause, C., Sillanmäki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Häggqvist, A., Laine, M. y Hämäläinen, H. (2000). The effects of memory load on event-related EEG desynchronization and synchronization. *Clinical neurophysiology*, 2071-2078.
- Kreibig, S., Wilhelm, F., Roth, W. y Gross, J. (2007). Cardiovascular, electrodermal, and respiratory response patterns to fear- and sadness-inducing films. *Psychophysiology*, 44(5), 787-806. doi:10.1111/j.1469-8986.2007.00550.x
- Kruger, J.-L., Doherty, S. y Ibrahim, R. (2017). Electroencephalographic beta coherence as an objective measure of psychological immersion in film. *Rivista Internazionale di Tecnica della Traduzione*, 19, 99-111. doi:10.13137/2421-6763/17353
- Kruskal, W. y Wallis, W. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Kuhn, S. (1962/2011). *La estructura de las revoluciones científicas*. Mexico D.F., Mexico: Fondo de cultura económica.
- Kuleshov, L. (1934/1994). *L'art du cinéma et autres écrits*. Levier, Francia: L'Age d'Homme.
- Lacan, J. (1957/1995). *Seminario 4. La relación del objeto*. Barcelona, España: Editorial Paidós ibérica.
- Lachaux, J.-P., Chavez, M. y Lutz, A. (2003). A simple measure of correlation across time, frequency and space between continuous brain signals. *Journal of neuroscience methods*, 123(2), 175-188. doi:10.1016/S0165-0270(02)00358-8
- Lackner, N., Unterrainer, H., Skliris, D., Wood, G., Wallner-Liebmann, S., Neuper, C. y Gruzelier, J. (2016). The effectiveness of visual short-time neurofeedback on brain activity and clinical characteristics in alcohol use disorders: practical issues and results. *Clinical EEG and neuroscience*, 47(3), 188-195. doi:10.1177/1550059415605686
- Lafond, C., Series, F. y Lemiere, C. (2007). Impact of CPAP on asthmatic patients with obstructive sleep apnoea. *European Respiratory Journal*, 29(2), 307-311. doi:10.1183/09031936.00059706
- Lang, A., Geiger, S., Strickwerda, M. y Sumner, J. (1993). The effects of related and unrelated cuts on television viewers' attention, processing capacity, and memory. *Communication Research*, 20(1), 4-29. doi:10.1177/009365093020001001
- Langford, B. (2009). *Post-Classical Hollywood: Film Industry, Style and Ideology since 1945: Film Industry, Style and Ideology since 1945*. Edinburgh, U.K.: Edinburgh University Press.
- Laufs, H., Kleinschmidt, A., Beyerle, A., Eger, E., Salek-Haddadi, A., Preibisch, C. y Krakow, K. (2003). EEG-correlated fMRI of human alpha activity. *Neuroimage*, 19(4), 1463-1476. doi:10.1016/S1053-8119(03)00286-6
- Lin, C.-L., Jung, M., Wu, Y., Lin, C.-T. y She, H.-C. (2012). Brain dynamics of mathematical problem solving. *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (págs. 4768-4771). San Diego, U.S.A.: IEEE. doi:10.1109/EMBC.2012.6347033
- Léger, F. y Murphy, D. (Dirección). (1924). *Le ballet mécanique* [Película]. Francia: Synchro-Ciné.
- Leone, S. (Dirección). (1966). *Il buono, il brutto, il cattivo* [Película]. Italia: Constantin Film Produktion.
- Lettvin, J., Maturana, H. y McCulloch, W. (1959). What the frog's eye tells the frog's brain. *Proceedings of the IRE*, 47(11), 1940-1951. doi:10.1109/JRPROC.1959.287207
- Levenson, J., Weeber, E., Selcher, J., Kategaya, L., Sweatt, J. y Eskin, A. (2002). Long-term potentiation and contextual fear conditioning increase neuronal glutamate uptake. *Nature neuroscience*, 5(2), 155. doi:10.1038/nn791

- Levin, D. y Simons, D. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(4), 501-506. doi:10.3758/BF03214339
- Levin, D. y Wang, C. (2009). Spatial representation in cognitive science and film. *Projections*, 3(1), 24-52. doi:10.3167/proj.2009.030103
- Lewis, P., Critchley, H., Smith, A. y Dolan, R. (2005). Brain mechanisms for mood congruent memory facilitation. *Neuroimage*, 1214-1223.
- Li, M., Xu, J. y Luo, X. (2016). Feature Combination and Correlation Analysis for Motor Imagery EEG. *International Forum on Management, Education and Information Technology Application (IFMEITA 2016)* (págs. 717-721). Shenzhen, China: Atlantis Press. doi:10.2991/ifmeita-16.2016.131
- Li, W., Mai, X. y Liu, C. (2014). The default mode network and social understanding of others: what do brain connectivity studies tell us. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 74. doi:10.3389/fnhum.2014.00074
- Liebenthal, E. y Möttönen, R. (2017). An interactive model of auditory-motor speech perception. *Brain and Language*. doi:10.1016/j.bandl.2017.12.004
- Lin, T. y John, L. (2006). Quantifying Mental Relaxation with EEG for use in Computer Games. *International Conference on Internet Computing & Conference on Computer Games Development (ICOMP)*, (págs. 409-415). Las Vegas.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge, U.K.: MIT Press.
- Luck, S. y Kappenman, E. (2011). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford, U.K.: Oxford university press.
- Luck, S., Woodman, G. y Vogel, E. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 432-440. doi:10.1016/S1364-6613(00)01545-X
- Lumbelli, L. (1989). *Fenomenologia dello scrivere chiaro*. Roma, Italia: Editori Riuniti.
- Lumet, S. (Dirección). (1975). *Dog Day Afternoon* [Película]. U.S.A.: Warner Bros.
- Lumière, L. (Dirección). (1895). *L'arroseur arrosé* [Película]. Francia: Lumière.
- Lyerly, S. (1952). The average Spearman rank correlation coefficient. *Psychometrika*, 17(4), 421-428. doi:10.1007/BF02288917
- MacDonald, C., Lepage, K., Eden, U. y Eichenbaum, H. (2011). Hippocampal “time cells” bridge the gap in memory for discontinuous events. *Neuron*, 71(4), 737-749. doi:10.1016/j.neuron.2011.07.012
- Mackintosh, J. H., Kumar, R. y Kitamura, T. (1983). Blink rate in psychiatric illness. *The British Journal of Psychiatry*, 143(1), 55-57. doi:10.1192/bjp.143.1.55
- Madsen, R. (1973). *The Impact of Film. How Ideas Are Communicated Through Cinema and Television*. New York, U.S.A.: Macmillan Publishing.
- Magliano, J. y Zacks, J. (2011). The impact of continuity editing in narrative film on event segmentation. *Cognitive Science*, 38(8), 1489-1517. doi:10.1111/j.1551-6709.2011.01202.x
- Mai, J., Majtanik, M. y Paxinos, G. (2015). *Atlas of the human brain*. Londres, U.K.: Academic Press.
- Makeig, S., Bell, A., Jung, T.-P. y Sejnowski, T. (1996). Independent component analysis of electroencephalographic data. *NIPS'95 Proceedings of the 8th International Conference on Neural Information Processing Systems* (págs. 141-151). Denver: U.S.A.
- Mangus, J. (2016). *Philosophy in Communication*. (tesis doctoral). University of California, Santa Barbara, U.S.A.
- Mann, H. y Whitney, D. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 50 - 60.

- Maris, E. y Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG-and MEG-data. *Journal of neuroscience methods*, 164(1), 177-190. doi:10.1016/j.jneumeth.2007.03.024
- Martin, M. (1955/2013). *El lenguaje del cine*. Barcelona, España: Gedisa.
- Martínez Ortega, R., Tuya Pendás, L., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A. y Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
- Martínez, E. (2011). *Hitchcock: Imágenes entre líneas*. Valencia, España: Publicacions de la Universitat de València.
- Martín-Pascual, M. A. (2016). *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). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Marubio, M. y Buffalohead, E. (2013). *Native Americans on film: conversations, teaching, and theory*. Kentucky, U.S.A.: University Press of Kentucky.
- McKee, R. (1997/2011). *El guión*. Barcelona, España: Alba Editorial.
- McKight, P. y Najab, J. (2010). Kruskal-Wallis test. En I. Weiner y W. Craighead, *The Corsini encyclopedia of psychology*. New Jersey, U.S.A.: John Wiley & Sons. doi:10.1002/9780470479216.corpsy0491
- Meklin, T., Reponen, T., McKinstry, C., Cho, S.-H., Grinshpun, S., Nevalainen, A., . . . Vesper, S. (2007). Comparison of mold concentrations quantified by MSQPCR in indoor and outdoor air sampled simultaneously. *Science of the Total Environment*, 382(1), 130-134. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.03.031
- Mele, G., Cavaliere, C., Alfano, V., Orsini, M. y Aiello, M. (2019). Simultaneous EEG-fMRI for Functional Neurological Assessment. *Frontiers in neurology*, 10, 848. doi:10.3389/fneur.2019.00848
- Méliès, G. (Dirección). (1898). *Un homme de têtes* [Película]. Francia: Star Film.
- Metz, C. (1968/2002). *Ensayos sobre la significación en el cine*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Meltzer, J., Negishi, M., Mayes, L. y Constable, R. (2007). Individual differences in EEG theta and alpha dynamics during working memory correlate with fMRI responses across subjects. *Clinical Neurophysiology*, 118(11), 2419-2436. doi:10.1016/j.clinph.2007.07.023
- Metz, C. (1971/1973). *Lenguaje y cine*. Barcelona, España: Planeta.
- Michele, R. y Desbordes, G. (2003). Contributions of fixational eye movements to the discrimination of briefly presented stimuli. *Journal of Vision*, 3(11), 18-18. doi:10.1167/3.11.18
- Michels, L., Moazami-Goudarzi, M., Jeanmonod, D. y Sarnthein, J. (2008). EEG alpha distinguishes between cuneal and precuneal activation in working memory. *Neuroimage*, 1296-1310.
- Miller, G. (08 de Agosto de 2014). *CNMN Collection*. Recuperado el 08 de Junio de 2016, de Wired: <https://www.wired.com/2014/08/cinema-science-mind-meld/>
- Miller, J.-A. (1988). La sutura. En J.-A. Miller, *Matemas II* (págs. 53-65). Buenos Aires, Argentina: Manantial.
- Miller, R. (2007). Theory of the normal waking EEG: from single neurones to waveforms in the alpha, beta and gamma frequency ranges. *International journal of psychophysiology*, 64(1), 18-23. doi:10.1016/j.ijpsycho.2006.07.009

- Milner, D. y Goodale, M. (2006). *The visual brain in action*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Mital, P. K., Smith, T. J., Hill, R. L. y Henderson, J. M. (2011). Clustering of gaze during dynamic scene viewing is predicted by motion. *Cognitive Computation*, 3(1), 5-24. doi:10.1007/s12559-010-9074-z
- Mitry, J. (1963/2002). *Estética y psicología del cine*. Madrid, España: Siglo Veintiuno.
- Mitry, J. (1987/1990). *La semiología en tela de juicio*. Madrid, España: Ediciones Akal.
- Mölle, M., Marshall, L., Fehm, H. y Born, J. (2002). EEG theta synchronization conjoined with alpha desynchronization indicate intentional encoding. *European Journal of Neuroscience*, 923-928.
- Montuori, E. (2001). Cambios funcionales en el sistema nervioso central de ratas hipertensas portales prehepáticas. *Medicina*, 61(5/2), 673-675.
- Morel, G. (2011). *Pantallas y sueños*. Barcelona, España: Ediciones S&P.
- Morillon, B., Lehongre, K., Frackowiak, R., Ducorps, A., Kleinschmidt, A., Poeppel, D. y Giraud, A.-L. (2010). Neurophysiological origin of human brain asymmetry for speech and language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18688-18693. doi:10.1073/pnas.1007189107
- Morris, C. y Maisto, A. (2005). *Introducción a la Psicología*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Morin, E. (1956/2011). *El cine o el hombre imaginario*. Barcelona, España: Paidós.
- Most, S. (2010). What's "inattentive" about inattentive blindness? *Consciousness and Cognition*, 19(4), 1102-1104. doi:10.1016/j.concog.2010.01.011
- Munar, E., Nadal, M., Flexas, A., Moratti, S., Maestú, F., Marty, G. y Cela-Conde, C. (2012). Lateral orbitofrontal cortex involvement in initial negative aesthetic impression formation. *PLoS One*, 7(6), e38152. doi:10.1371/journal.pone.0038152
- Münsterberg, H. (1916/2013). *Hugo Munsterberg on film: The photoplay: A psychological study and other writings*. Oxford, U.K.: Routledge.
- Murch, W. (1995/2003). *En el momento del parpadeo*. Madrid, España: Ocho y medio.
- Neuhauser, M. (2011). *Nonparametric statistical tests: A computational approach*. Boca Raton, U.S.A.: Chapman and Hall/CRC.
- Nichols, T. y Holmes, A. (2002). Nonparametric permutation tests for functional neuroimaging: a primer with examples. *Human brain mapping*, 15(1), 1 - 25. doi:10.1002/hbm.1058
- Nunez, P. L. y Srinivasan, R. (1981/2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- O'Keefe, J. y Recce, M. (1999). Phase relationship between hippocampal place units and the EEG theta rhythm. *Hippocampus*, 3(3), 317-330. doi:10.1002/hipo.450030307
- Olton, D., Becker, J. y Handelmann, G. (1979). Hippocampus, space, and memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 2(3), 313-322. doi:10.1017/S0140525X00062718
- Onton, J., Delorme, A. y Makeig, S. (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, 27(2), 341-356. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.04.014
- Ostertagová, E., Ostertag, O. y Kováč, J. (2014). Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *Applied Mechanics and Materials*, 611, 115-120. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.611.115
- Oubiña, D. (2003). *Jean Luc Godard el pensamiento del cine: cuatro miradas sobre Histoire(s) du cinema*. Barcelona, España: Paidós.
- Oudart, J.-P. (2005). La sutura. En A. De Baecque, *Teoría y crítica del cine. Avatares de una cinefilia*. Barcelona, España: Paidós Comunicación. Ediciones Paidós.

- Oviedo Regino, E. (2015). *Lógica de programación orientada a objetos*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A. y Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *Journal of Psychophysiology*, 36(1), 45-57. doi:10.1016/S0167-8760(99)00099-9
- Panofsky, E. (1939/2004). *Estudios sobre iconología*. Madrid, España: Alianza editorial.
- Parkinson, B. (2005). Do facial movements express emotions or communicate motives? *Personality and Social Psychology Review*, 9(4), 278 - 311. doi:10.1207/s15327957pspr0904_1
- Pasolini, P. (1970). Discurso sobre el plano-secuencia o el cine como semiología de la realidad. En M. P. Estremera, *Problemas del nuevo cine* (págs. 61 - 76). Madrid, España: Alianza Editorial.
- Pasolini, P. (1976). The cinema of poetry. En B. Nichols, *Movies and Methods* (págs. 542-558). London, U.K.: Ed. Bill Nichols.
- Paxinos, G., Furlong, T. y Watson, C. (2019). *Human Brainstem: Cytoarchitecture, Chemoarchitecture, Myeloarchitecture*. Londres, U.K.: Academic Press.
- Penfield, W. (1958). *The excitable cortex in conscious man*. Liverpool, U.K.: Liverpool University Press.
- Penfield, W. y Jasper, H. (1954). *Epilepsy and the functional anatomy of the human brain*. Filadelfia, U.S.A.: Lippincott Williams and Wilkins.
- Penn, A. (Dirección). (1967). *Bonnie and Clyde* [Película]. U.S.A.: Warner Bros. Pictures.
- Perego, E., Del Missier, F. y Stragà, M. (2018). Dubbing vs. subtitling. *John Benjamins Publishing*, 30(1), 137-157. doi:10.1075/target.16083.per
- Perego, E., Del Missier, F., Porta, M. y Mosconi, M. (2010). The cognitive effectiveness of subtitle processing. *Media Psychology*, 243-272.
- Pérez, M. (2014). *Programación orientada a objetos y programación estructurada*. 2014: Createspace Independent Pub.
- Pfurtscheller, G. (2001). Functional brain imaging based on ERD/ERS. *Vision research*, 41(10-11), 1257-1260. doi:10.1016/S0042-6989(00)00235-2
- Pfurtscheller, G. y Klimesch, W. (1990). Topographical display and interpretation of event-related desynchronization during a visual-verbal task. *Brain Topography*, 3(1), 85-93. doi:10.1007/BF01128865
- Pfurtscheller, G. y Lopes Da Silva, F. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical neurophysiology*, 110(11), 1842-1857. doi:10.1016/S1388-2457(99)00141-8
- Pfurtscheller, G. y Lopes Da Silva, F. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical neurophysiology*, 1842-1857.
- Pfurtscheller, G., Brunner, C., Schlögl, A. y Lopes da Silva, F. (2006). Mu rhythm (de) synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks. *NeuroImage*, 31(1), 153-159. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.12.003
- Pfurtscheller, G., Neuper, C., Brunner, C. y Lopes da Silva, F. (2005). Beta rebound after different types of motor imagery in man. *Neuroscience letters*, 378(3), 156-159. doi:10.1016/j.neulet.2004.12.034
- Picton, T., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S., Johnson, R., . . . Taylor, M. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 127 - 152.
- Pierce, D. (2013). *The Survival of American Silent Feature Films, 1912-1929*. Washington, DC, U.S.A.: Council on Library and Information Resources and the Library of Congress.

- Pike, M., Wilson, M. y Benford, S. (2016). #Scanners: A BCI Enhanced Cinematic Experience. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (págs. 293-296). San Jose, U.S.A.: ACM. doi:10.1145/2851581.2889468
- Pitman, E. (1937). Significance tests which may be applied to samples from any populations. *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 4(1), 119-130. doi:10.2307/2984124
- Pitman, E. (1938). Significance tests which may be applied to samples from any populations: III. The analysis of variance test. *Biometrika*, 29(3/4), 322-335. doi:10.2307/2332008
- Plantinga, C. (1997). *Rhetoric and representation in nonfiction film*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Plutarco. (trad. 1847). *Vidas paralelas* (Vol. I). París, Francia: A. Mézin.
- Porter, E. (Dirección). (1903). *The Great Train Robbery* [Película]. U.S.A.: Edison Manufacturing Company.
- Porter, E. (Dirección). (1903). *The Life of an American Fireman* [Película]. U.S.A.: Edison Manufacturing Company.
- Prieto, Luis Jorge. (1966). *Messages et signaux*. París, Francia: FeniXX
- Psychonomic Society. (2011). Annual meeting of the Psychonomics Society. Seattle.
- Pudovkin, V. (1957). *Lecciones de cinematografía*. Madrid, España: Rialp.
- Ramachandran, V. (2003). *The emerging mind: the Reith Lectures*. London, U.K.: Profile Books.
- Ramachandran, V. y Hirstein, W. (1999). The science of art: : a neurological theory of aesthetic experience. *Journal of consciousness studies*, 6(6-7), 15-41.
- Rattan, A. y Eberhardt, J. (2010). The role of social meaning in inattentional blindness: When the gorillas in our midst do not go unseen. *Journal of Experimental Social Psychology*, 46(6), 1085-1088. doi:10.1016/j.jesp.2010.06.010
- Ray, W. y Cole, H. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752. doi:10.1126/science.3992243
- Reber, T., Do Lam, A., Axmacher, N., Elger, C., Helmstaedter, C., Henke, K. y Fell, J. (2016). Intracranial EEG correlates of implicit relational inference within the hippocampus. *Hippocampus*, 26(1), 54-56. doi:10.1002/hipo.22490
- Redolar, D. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Madrid, España: Panamericana.
- Revault D'Allonnes, F. (1991/2003). *La luz en el cine*. Madrid, España: Cátedra.
- Reisenzein, R., Studtmann, M. y Horstmann, G. (2013). Coherence between emotion and facial expression: Evidence from laboratory experiments. *Emotion Review*, 5(1), 16-23. doi:10.1177/1754073912457228
- Reisz, K. y Millar, G. (1953/1971). *The technique of film editing*. New York, U.S.A.: Hastings House, Publishers.
- Rensink, R., O'Regan, J. y Clark, J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological science*, 8(5), 368-373. doi:10.1111/j.1467-9280.1997.tb00427.x
- Riby, D. y Hancock, P. (2009). Looking at movies and cartoons: eye-tracking evidence from Williams syndrome and autism. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(2), 169-181. doi:10.1111/j.1365-2788.2008.01142.x
- Rivette, J. (Enero de 1951). L'age des metteurs en scène. *Cahiers du cinéma*, 31, 45-48.
- Rizzolatti, G. y Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Archives of neurology*, 27, 169-192. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Rizzolatti, G. y Fabbri-Destro, M. (2010). Mirror neurons: from discovery to autism. *Experimental brain research*, 200(3-4), 223-237. doi:10.1007/s00221-009-2002-3

- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V. y Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, 3(2), 131-141. doi:10.1016/0926-6410(95)00038-0
- Rizzolatti, G., Fogassi, L. y Gallese, V. (2006). Mirrors in the mind. *Scientific American*, 295(5), 54-61. doi:10.1038/scientificamerican1106-54
- Robert, C. y Casella, G. (1999/2013). *Monte Carlo statistical methods*. New York, U.S.A.: Springer Science & Business Media.
- Rodriguez, E., George, N., Lachaux, J.-P., Martinerie, J., Renault, B. y Varela, F. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity. *Nature*, 397(6718), 430-433. doi:doi.org/10.1038/17120
- Rondolino, G. (1974). *Storia del cinema d'animazione*. Torino, Italia: Einaudi.
- Rosenzweig, M., Breedlove, M., & Watson, N. (2005). *Psicobiología: una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*. Barcelona, España: Ariel.
- Ross, A. y Willson, V. (2017). One-Way Anova. En A. Ross y V. L. Willson, *Basic and Advanced Statistical Tests* (págs. 21 - 24). Rotterdam: SensePublishers.
- Ross, E. (1980). Left medial parietal lobe and receptive language functions: Mixed transcortical aphasia after left anterior cerebral artery infarction. *Neurology*, 30(2), 144-144. doi:10.1212/WNL.30.2.144
- Rossetti, A., Carrera, E. y Oddo, M. (2012). Early EEG correlates of neuronal injury after brain anoxia. *Neurology*, 78(11), 796-802. doi:10.1212/WNL.0b013e318249f6bb
- Rottach, K., Das, V., Wohlgemuth, W., Zivotofsky, A. y Leigh, R. (1998). Properties of horizontal saccades accompanied by blinks. *Journal of neurophysiology*, 79(6), 2895-2902. doi:10.1152/jn.1998.79.6.2895
- Ruiz Pesini, P. (1986). *Citoarquitectura del neocortex: división en áreas de la corteza cerebral del perro*. Santiago de Compostela, España: Universidade de Santiago de Compostela.
- Ruttman, W. (Dirección). (1921). *Opus II* [Película]. Alemania: Filmmuseum München.
- Sadoul, G. (1959). *Histoire du cinéma mondial: des origines à nos jours*. Paris, France: Flammarion.
- Salt, B. (2006). *Moving Into Pictures*. London, U.K.: Starword.
- Sanz, J., Aguilar, C., Bruni, L., Sánchez-Gómez, L., & Wulff-Jensen, A. (2019a). Búsqueda de articulaciones en el discurso fílmico desde la neurocinemática. Contribución a la discusión sobre si el cine es un lenguaje. En J. Sierra, & J. Lavín, *Redes sociales, tecnologías digitales y narrativas interactivas en la sociedad de la información* (págs. 761-773). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Sanz, J., Caballero, J., Aguilar, C., & Sánchez-Gómez, L. (2019b). The Spectator Facing the Cut: A Neurocinematics Review. *The European Conference on Media, Communication & Film 2019*. Brighton, U.K.
- Samsung. (22 de 07 de 2017). *Samsung*. Obtenido de Samsung Home / Soporte / Monitores / LCD: <http://www.samsung.com/es/support/model/LS22F352FHUXEN>
- Saragih, J., Lucey, S. y Cohn, J. (2009). Face alignment through subspace constrained mean-shifts. *IEEE 12th International Conference on Computer Vision* (págs. 1034-1041). Kyoto: IEEE. doi:10.1109/ICCV.2009.5459377
- Sauseng, P., Klimesch, W., Stadler, W., Schabus, M., Doppelmayr, M., Hanslmayr, S., . . . Birbaumer, N. (2005). A shift of visual spatial attention is selectively associated with human EEG alpha activity. *European Journal of Neuroscience*, 2917-2926.
- Saussure, F. (1916/1945). *Curso de lingüística general*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada.

- Sauvé, K. (1999). Gamma-band synchronous oscillations: recent evidence regarding their functional significance. *Consciousness and cognition*, 8(2), 213-224. doi:10.1006/ccog.1999.0383
- Scheffé, H. (1959). *The Analysis of Variance*. New York: Wiley.
- Sekuler, R., Watamaniuk, S. y Blake, R. (2002). Motion perception. En H. Pashler y S. Yantis, *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (págs. 121-178). New York, U.S.A.: John Wiley and Sons.
- Sheppard, A., Sok, R. y Averdunk, H. (2004). Techniques for image enhancement and segmentation of tomographic images of porous materials. *Physica A: Statistical mechanics and its applications*, 339(1-2), 145-151. doi:10.1016/j.physa.2004.03.057
- Shimamura, A. (2013). *Psychocinematics: Exploring cognition at the movies*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Shirvalkar, P., Rapp, P. y Shapiro, M. (2010). Bidirectional changes to hippocampal theta-gamma comodulation predict memory for recent spatial episodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(15), 7054-7059. doi:10.1073/pnas.0911184107
- Siety, E. (2004). *El plano. El origen del cine*. Barcelona, España: Paidós.
- Silva, M. (2018). *Electrophysiological signatures of event segmentation during movie viewing and recall*. (tesis doctoral). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal
- Silva, M., Baldassano, C. y Fuentemilla, L. (2019). Rapid memory reactivation at movie event boundaries promotes episodic encoding. *BioRxiv*, 511782. doi:10.1101/511782
- Simons, D. y Chabris, C. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059-1074. doi:10.1068/p281059
- Simons, D. y Levin, D. (1997). Change blindness. *Trends in cognitive sciences*, 1(7), 261-167. doi:10.1016/S1364-6613(97)01080-2
- Simons, D. y Ronald A., R. (2005). Change blindness: Past, present, and future. *Trends in cognitive sciences*, 9(1), 16-20. doi:10.1016/j.tics.2004.11.006
- Sims, R. (2000). *Bivariate data analysis: A practical guide*. New York, U.S.A.: Nova Publishers.
- Singh, F., Pineda, J. y Cadenhead, K. (2011). Association of impaired EEG mu wave suppression, negative symptoms and social functioning in biological motion processing in first episode of psychosis. *Schizophrenia research*, 130(1-3), 182-186. doi:10.1016/j.schres.2011.04.004
- Siuly, S., Li, Y. y Zhang, Y. (2016). *EEG Signal Analysis and Classification*. Cham, Suiza: Springer.
- Sklovski, V. (1928/1971). *Cine y lenguaje*. Barcelona, España: Anagrama.
- Smith, T. (2005). *An Attentional Theory of Continuity Editing*. (tesis doctoral). University of Edinburgh, Edimburgo, U.K.
- Smith, T. (2012). An attentional theory of cinematic continuity. *Projections*, 6(1), 1-50. doi:10.3167/proj.2012.060102
- Smith, T. (2013). Watching you watch movies: Using eye tracking to inform film theory. En A. Shimamura, *Psychocinematics: Exploring Cognition at the Movies*. (págs. 165-191). Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Smith, T. y Henderson, J. (2008). Edit Blindness: The relationship between attention and global change blindness in dynamic scenes. *Journal of Eye Movement Research*, 2(2), 1-17. doi:10.16910/jemr.2.2.6
- SMPTE. (22 de 07 de 2017). *SMPTE. Society of Motion Picture & Television Engineers*. Obtenido de [smpte.org](https://www.smpte.org/standards): <https://www.smpte.org/standards>
- Snedecor, G. y William, G. (1989). *Statistical Methods*. Iowa City: Iowa State University Press.

- Snowden, R. y Freeman, T. (2004). The visual perception of motion. *Current Biology*, R828-R831. doi:10.1016/j.cub.2004.09.033
- Solomon, J., Chubb, C., John, A. y Morgan, M. (2005). Stimulus contrast and the Reichardt detector. *Vision research*, 45(16), 2109-2117. doi:10.1016/j.visres.2005.01.035
- Spironelli, C. y Angrilli, A. (2010). Developmental aspects of language lateralization in delta, theta, alpha and beta EEG bands. *Biological psychology*, 85(2), 258-267. doi:10.1016/j.biopsycho.2010.07.011
- Stam, R., Burgoine, R. y Flitterman-Lewis, S. (2005). *New vocabularies in film semiotics: Structuralism, Poststructuralism and Beyond*. Londres, U.K.: Routledge.
- Staresina, B. y Davachi, L. (2009). Mind the gap: binding experiences across space and time in the human hippocampus. *Neuron*, 63(2), 267-276. doi:10.1016/j.neuron.2009.06.024
- Stein, L. (1966). Habituation and stimulus novelty: A model based on classical conditioning. *Psychological Review*, 73(4), 352. doi:10.1037/h0023449
- Steinman, R., Pizlo, Z. y Pizlo, F. (2000). Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution. *Vision Research*, 40(17), 2257-2264. doi:10.1016/S0042-6989(00)00086-9
- Stern, J., Boyer, D. y Schroeder, D. (1994). Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human factors*, 36(2), 285-297. doi:10.1177/001872089403600209
- Straub, J.-M. y Huillet, D. (Octubre de 1984). Quelque chose qui brûle dans le plan: entretien avec Jean-Marie Straub et Danièle Huillet. *Cahiers du cinéma*. (A. Berlanga, Entrevistador) París, Francia.
- Stone, G. (September de 2013). The Tiger Cure. *New York Magazine*.
- Tan, S. y Yip, A. (2014). António egas moniz (1874–1955): lobotomy pioneer and nobel laureate. *Singapore medical journal*, 55(4), 175. doi:10.11622/smedj.2014048
- Tangwiriyasakul, C., Verhagen, R., van Putten, M. y Rutten, W. (2013). Importance of baseline in event-related desynchronization during a combination task of motor imagery and motor observation. *Journal of neural engineering*, 10(2), 026009. doi:10.1088/1741-2560/10/2/026009
- Tarkovski, A. (1985/2005). *Esculpir en el tiempo*. Madrid, España: Ediciones Rialp.
- Tarkovski, A. (2017). *Atrapad la vida. Lecciones de cine para escultores del tiempo*. Madrid, España: Errata naturae.
- Tatler, B., Gilchrist, I. y Rusted, J. (2003). The time course of abstract visual representation. *Perception*, 32(5), 579-592. doi:10.1068/p3396
- Teki, S., Gu, B.-M. y Meck, W. (2017). The persistence of memory: how the brain encodes time in memory. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 17, 178-185. doi:10.1016/j.cobeha.2017.09.003
- Thanouli, E. (2009). *Post-classical cinema: an international poetics of film narration*. New York, U.S.A.: Wallflower Press.
- The MathWorks, Inc. (2008/2015). *Object-Oriented Programming*. Natick, U.S.A.: The MathWorks, Inc.
- Thiele, A., Henning, P., Kubischik, M. y Hoffmann, K. (2002). Neural mechanisms of saccadic suppression. *Science*, 295(5564), 2460-2462. doi:10.1126/science.1068788
- THX. (22 de 07 de 2017). *THX LTD*. Obtenido de THX: <http://www.thx.com/faq/#buying-setup-guides>
- Tirard, L. (2006/2008). *Más lecciones de cine*. Barcelona, España: Editorial Paidós Ibérica.
- Titiz, A., Hill, M., Mankin, E., Aghajan, Z., Eliashiv, D., Tchemodanov, N., . . . Fried, I. (2017). Theta-burst microstimulation in the human entorhinal area improves memory specificity. *Elife*, 6, e29515. doi:10.7554/eLife.29515.001

- Tononi, G. y Koch, C. (2008). The neural correlates of consciousness: an update. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 239-261. doi:10.1196/annals.1440.004
- Treisman, A. (1996). The binding problem. *Current opinion in neurobiology*, 6(2), 171-178. doi:10.1016/S0959-4388(96)80070-5
- Treisman, A. y Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, 12(1), 97-136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5
- Trías, E. (1991). *Lógica del límite*. Barcelona, España: Destino.
- Truffaut, F. (1967/2004). *El cine según Hitchcock*. Madrid, España: Alianza editorial.
- Tukey, J. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114. doi:10.2307/3001913
- Valbuena, S., Hernández, L. y Cardona Torres, S. (2010). *Programación orientada a Objetos*. Armenia, Colombia: ELIZCOM SAS.
- VanRullen, R., Carlson, T. y Cavanagh, P. (2007). The blinking spotlight of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(49), 19204-19209. doi:10.1073/pnas.0707316104
- Vera, C., Badariotti, S. y Castro, D. (2003). *Cómo hacer cine 3. Hola estás sola? de Iciar Bollaín*. Madrid, España: Fundamentos.
- Vertov, D. (1954/1973). *El cine-ojo*. Madrid, España: Fundamentos.
- Vighi, F. (2005). Lacan for cinema today: The uncanny pouvoir de la verite. *Psychoanalysis, Culture & Society*, 10(3), 232-251. doi:10.1057/palgrave.pcs2100046
- Villeneuve, D. (Dirección). (2016). *Arrival* [Película]. U.S.A.: Paramount Pictures.
- Vodrahalli, K., Chen, P.-H., Liang, Y., Baldassano, C., Chen, J., Yong, E., . . . Arora, S. (2018). Mapping between fMRI responses to movies and their natural language annotations. *Neuroimage*, 180, 223-231. doi:10.1016/j.neuroimage.2017.06.042
- Vöge, H. (1977). The Translation of Films: Sub-Titling Versus Dubbing. *Babel: International Journal of Translation*, 23(3), 120-125. doi:10.1075/babel.23.3.05vog
- Von der Malsburg, C. (1995). Binding in models of perception and brain function. *Current opinion in neurobiology*, 5(4), 520-526. doi:10.1016/0959-4388(95)80014-X
- Von der Malsburg, C. y Schneider, W. (1986). A neural cocktail-party processor. *Biological cybernetics*, 54(1), 29-40. doi:10.1007/BF00337113
- Wang, H. X., Freeman, J., Merriam, E. P., Hasson, U. y Heeger, D. J. (2012). Temporal eye movement strategies during naturalistic viewing. *Journal of vision*, 12(1), 16-16. doi:10.1167/12.1.16
- Weber, E. y Doppelmayr, M. (2016). Kinesthetic motor imagery training modulates frontal midline theta during imagination of a dart throw. *International journal of Psychophysiology*, 110, 137-145. doi:10.1016/j.ijpsycho.2016.11.002
- Welles, O. (Dirección). (1941). *Citizen Kane* [Película]. U.S.A.: RKO.
- Wenders, W. (27 de 10 de 2010). El cine es un lenguaje y puede ser enseñado. *Parlamento Europeo. Noticias. Sociedad*. (P. e. Noticias, Entrevistador) On line. Recuperado el 4 de 1 de 2018, de <http://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20101025STO89950/el-cine-es-un-lenguaje-y-puede-ser-ensenado>
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle studien über das sehen von bewegung. *Zeitschrift fur Psychologie*, 61(3), 161-265.
- Westerink, J., van den Broek, E., Schut, M., Herk, J. y Tuinenbreijer, K. (2008). Computing emotion awareness through galvanic skin response and facial electromyography. En J. H. Westerink, M. Ouwkerk, T. Overbeek, W. Pasveer y B. de Ruyter, *Probing experience* (págs. 149-162). Dordrecht: Springer.

- Wilcoxon, F. (1946). Individual comparisons of grouped data by ranking methods. *Journal of economic entomology*, 269-270.
- Williamson, J. (Dirección). (1901a). *Stop Thief!* [Película]. U.K.: Williamson Kinematograph Company.
- Williamson, J. (Dirección). (1901b). *The Big Swallow* [Película]. U.K.: Williamson Kinematograph Company.
- Williamson, J. (Dirección). (1901c). *Fire!* [Película]. U.K.: Williamson Kinematograph Company.
- Wilsgaard, T. y Jacobsen, B. (2007). Lifestyle factors and incident metabolic syndrome: The Tromsø Study 1979–2001. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 78(2), 217-224. doi:10.1016/j.diabres.2007.03.006
- Wolinski, N., Cooper, N., Sauseng, P. y Romei, V. (2018). The speed of parietal theta frequency drives visuospatial working memory capacity. *PLoS biology*, 16(3), e2005348. doi:10.1371/journal.pbio.2005348
- Wulff-Abramsson, A. y Bruni, L. E. (2017). Evaluating ANN efficiency in recognizing EEG and Eye-Tracking Evoked Potentials in Visual-Game-Events. *8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (págs. 262-274). Cham, Suiza: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-60642-2_25
- Yano, M., Suzuki, Y. y Koizumi, M. (2018). The Effect of Emotional State on the Processing of Morphosyntactic and Semantic Reversal Anomalies in Japanese: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 47(1), 261–277. doi:10.1007/s10936-017-9528-5
- Zacks, J. (2015). Précis of Flicker: Your Brain on Movies. *Projections*, 9(1), 1-22. doi:10.3167/proj.2015.090102
- Zak, P. (2015). Why inspiring stories make us react: The neuroscience of narrative. *Cerebrum: the Dana forum on brain science*.
- Zak, P. y Barraza, J. (2018). Measuring Immersion in Experiences with Biosensors. *11th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2018)* (págs. 303-307). Funchal, Portugal: SCITEPRESS – Science and Technology Publications, Lda.
- Zecca, F. (Dirección). (1901). *Histoire d'un crime* [Película]. Francia: Pathé Frères.
- Zeki, S. (1999). Art and the brain. *Journal of Consciousness Studies*, 6(6-7), 76-96. doi:10.1007/978-3-322-80678-9_11
- Zeki, S. y Lamb, M. (1994). The neurology of kinetic art. *Brain*, 117(3), 607-636. doi:10.1093/brain/117.3.607
- Zizek, S. (2005/2006). *Lacrimae Rerum*. Madrid, España: Debate.

9. Relación de figuras y tablas

9.1. Figuras

Figura 1: Esquema de la tesis doctoral.	35
Figura 2: Tipos de corte según Burch.	56
Figura 3. Esquema del registro de la señal.	113
Figura 4. Selección de las regiones de interés de las señales modelo.....	113
Figura 5. Esquema de la obtención de las señales ASF.....	114
Figura 6. Esquema del registro de la señal y la obtención de las señales ASC.	115
Figura 7. Comparación entre categorías taxonómicas de cambio de plano por corte.....	123
Figura 8. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Fz en la banda de frecuencia Alpha para ASF.....	125
Figura 9: Esquema de la metodología de investigación.....	126
Figura 10. Disposición de la zona de visionado del laboratorio.	128
Figura 11. Disposición de la zona de control en el laboratorio.	128
Figura 12. Relación entre distancia, resolución y tamaño de la pantalla para un óptimo visionado.	129
Figura 13. Clasificación de las partes de un asiento estándar.....	130
Figura 14. Disposición del laboratorio.....	130
Figura 15. Distribución de los electrodos mostrado en un mapeado craneal siguiendo el sistema internacional 10-20 para EEG-MNC.	133
Figura 16. Desglose del ASF por rangos de frecuencia.....	138
Figura 17. Ventanas temporales deslizantes que no están influidas por muestras del power change tras el cambio de plano por corte.....	153
Figura 18. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como respuestas al corte.....	179
Figura 19. Distribución de ventanas deslizantes detectadas que no contienen muestras tras el cambio de plano.	181
Figura 20. Distribución de ventanas deslizantes detectadas que no contienen muestras tras el cambio de plano al aplicar el análisis de las pendientes.	181
Figura 21. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como repuestas al corte en las bandas de frecuencia Theta.....	182
Figura 22. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como respuestas al corte en las bandas de frecuencia Delta.	182
Figura 23. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia High Theta.....	183
Figura 24. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Oz en la banda de frecuencia High Theta.....	183
Figura 25. Distribución de ventanas deslizantes detectadas como significativas en respuesta al corte.....	186
Figura 26. Distribución de las ventanas que tienen variaciones con pendientes monótonas y significativas en el power change en respuesta al corte.....	187
Figura 27. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el power change para los 4 ASF en Low Delta entre 438 ms y 750 ms.	188

Figura 28. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el power change para los 4 ASF en Delta entre 375 ms y 563 ms.	188
Figura 29. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo P4 en la banda de frecuencia Low Delta.	188
Figura 30. ERD/ERS de los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia Delta.	188
Figura 31. Mapa de distribución neuronal de los electrodos donde se detectan pendientes monótonas significativas, correlacionadas y dependientes en el power change para los 4 ASF en Theta entre -63 ms y 63 ms.	189
Figura 32. ERD/ERS de entre los 4 fragmentos fílmicos para el electrodo Pz en la banda de frecuencia Theta.	189
Figura 33. Análisis de varianza acumulada sobre los ASC correspondientes a G1 para ventanas temporales correlacionadas en ASF.	192
Figura 34. Análisis de varianza acumulada sobre los ASC correspondientes a G2 para ventanas temporales correlacionadas en ASF.	192
Figura 35. Mapa de distribución neuronal de las varianzas entre categorías de G2 detectadas en los tres rangos temporales definidos.	193
Figura 36. ERD/ERS de los fragmentos fílmicos para los cortes tipo plano general a plano general y de cualquiera a primer plano para el electrodo F8 en la banda de frecuencia High Theta.	195

9.2. Tablas

Tabla 1: Diferencias entre el MRI y el MRP descritas por Burch.	28
Tabla 2: Relación entre los tipos de montaje en racord de Amiel y las tipologías de corte de Burch.....	58
Tabla 3: Características técnicas y estéticas diferenciales entre los diferentes fragmentos.	102
Tabla 4: Resumen del anexo 1	104
Tabla 5: Taxonomía para los cortes agrupados en G1.....	106
Tabla 6: Taxonomía para los cortes agrupados en G2.....	107
Tabla 7: Tipos de corte analizados pertenecientes a las taxonomías G1 y G2.....	108
Tabla 8: Duración del visionado.....	110
Tabla 9: Categorías taxonómicas de las que se van a obtener señales modelo ASC.....	116
Tabla 10: Reacciones neuronales desencadenadas detectadas desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte.....	184
Tabla 11: Reacciones neuronales desencadenadas detectadas desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte con procesos de sincronización o desincronización significativos.....	190
Tabla 12: Distribución de las varianzas detectadas entre categorías de G2 a lo largo del tiempo según banda de frecuencia.....	194
Tabla 13: Agrupación de las categorías de corte para su comparativa según rasgos comunes partiendo de las categorías de G2.....	197
Tabla 14: Número de electrodos que se diferencian de forma correlacionada entre los fragmentos fílmicos agrupados según rasgos comunes entre 0 ms y 125 ms, entre 250 ms y 375 ms y entre 500 ms y 1000 ms.....	197
Tabla 15: Agrupación de las categorías de corte para su comparativa según rasgos comunes relativos a personaje y espacio partiendo de las categorías de G2.....	199
Tabla 16: Número de electrodos que se diferencian de forma correlacionada entre los fragmentos fílmicos según su relación con personaje o espacio entre 0 m y 125 ms, 250 ms y 375 ms y entre 500 ms y 1000ms.....	199
Tabla 17: Resumen de las conclusiones obtenidas en la tesis doctoral.....	226

Anexo 1 – Análisis cinematográfico de los fragmentos

En este anexo se adjunta un desglose del análisis de los fragmentos fílmicos seleccionados. Para cada clip audiovisual se analiza cada corte siguiendo las características indicadas en el marco teórico. Se indica por colores por un lado qué variación en el ángulo de cámara se ha producido tras el corte y por otro lado, con otro color, qué escala de plano tiene el primer *frame* del plano tras el corte. De esta forma tenemos dos características para poder realizar las clasificaciones de cada corte, pudiendo agruparlos según las categorías definidas para las taxonomías G1 y G2.

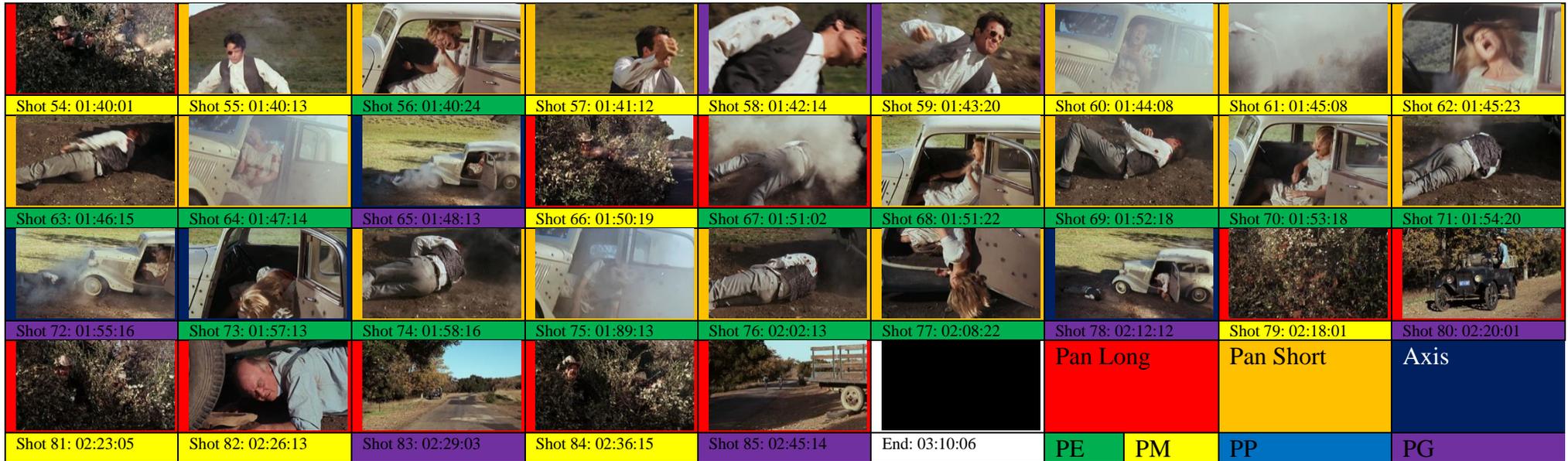
Todos los cortes se temporizan de forma precisa y se resume en una tabla final para cada clip. De esta forma para cada corte tenemos dos valores de clasificación y su temporización. Gracias a esta información, podemos programar que, mediante el protocolo UDP, *Unity* envíe la información de cada corte a *MatLab* durante la realización del experimento y se registre la clasificación del corte junto con el electroencefalograma. De esta forma podemos localizar con facilidad los cortes en el electroencefalograma registrado para cada usuario y agruparlos con facilidad para generar los ASC y ASF.

Caso 1: Bonnie and Clyde

Frame rate: 25
(MM:SS:FF)

Título: Bonnie and Clyde





ID	TIME CODE	FRAME	SINTAXIS	
0	00:00:00	0	0	
1	00:05:00	125	24	24
2	00:13:01	326	20	20
3	00:14:18	368	14	14
4	00:16:10	410	17	17
5	00:26:20	804	13	13
6	00:32:04	867	19	19
7	00:40:06	1006	11	11
8	00:45:04	1129	20	20
9	00:47:13	1188	14	14

10	00:49:16	1241	17	17
11	00:54:21	1371	20	20
12	00:56:09	1409	11	11
13	00:57:24	1449	14	14
14	00:59:22	1497	13	13
15	01:00:23	1523	11	11
16	01:02:16	1566	20	20
17	01:06:08	1658	20	20
18	01:09:22	1747	14	14
19	01:11:12	1787	14	14
20	01:14:03	1853	17	17

21	01:17:16	1941	13	13
22	01:18:15	1965	17	17
23	01:20:00	2000	18	18
24	01:20:18	2018	18	18
25	01:21:09	2034	20	20
26	01:22:15	2065	17	17
27	01:23:01	2076	18	18
28	01:23:12	2087	20	20
29	01:24:12	2112	17	17
30	01:25:01	2126	18	18
31	01:25:11	2136	20	20

32	01:26:09	2159	17	17
33	01:27:03	2178	20	20
34	01:28:13	2213	17	17
35	01:29:02	2227	11	11
36	01:29:16	2241	17	17
37	01:30:07	2257	20	20
38	01:31:05	2280	11	11
39	01:32:11	2311	18	18
40	01:32:21	2321	18	18
41	01:33:09	2334	14	14
42	01:34:00	2350	18	18
43	01:35:07	2382	18	18
44	01:35:19	2394	11	11
45	01:36:06	2406	18	18
46	01:36:15	2415	18	18
47	01:36:22	2422	18	18
48	01:37:05	2430	18	18
49	01:37:11	2436	18	18
50	01:38:02	2452	18	18

51	01:38:14	2464	11	11
52	01:39:06	2481	17	17
53	01:39:15	2490	18	18
54	01:40:01	2501	11	11
55	01:40:13	2513	12	12
56	01:40:24	2524	15	15
57	01:41:12	2537	12	12
58	01:42:14	2564	13	13
59	01:43:20	2595	13	13
60	01:44:08	2608	12	12
61	01:45:08	2633	12	12
62	01:45:23	2648	12	12
63	01:46:15	2665	15	15
64	01:47:14	2689	15	15
65	01:48:13	2713	22	22
66	01:50:19	2769	11	11
67	01:51:02	2777	14	14
68	01:51:22	2797	15	15
69	01:52:18	2818	15	15

70	01:53:18	2843	15	15
71	01:54:20	2870	15	15
72	01:55:16	2891	22	22
73	01:57:13	2938	16	16
74	01:58:16	2966	15	15
75	01:59:13	2988	15	15
76	02:02:13	3063	15	15
77	02:08:22	3222	15	15
78	02:12:12	3312	22	22
79	02:18:01	3451	11	11
80	02:20:01	3501	20	20
81	02:23:05	3580	11	11
82	02:26:13	3663	11	11
83	02:29:03	3728	20	20
84	02:36:15	3915	11	11
85	02:45:14	4139	20	20
End	03:10:06	4756		0

Caso 2: The Searchers

Frame rate: 25
(MM:SS:FF)

Título: The Searchers



ID	TIME CODE	FRAME	SINTAXIS	
0	00:00:00	0		0
1	00:05:00	125	24	24
2	00:25:14	639	11	11
3	00:30:23	773	20	20
4	00:36:06	906	11	11
5	00:46:13	1188	20	20
6	00:57:19	1444	14	14
7	01:01:17	1542	20	20
8	01:09:22	1747	11	11
9	01:14:02	1852	11	11
10	01:21:07	2032	20	20

11	01:25:07	2132	13	13
12	01:38:04	2454	22	22
13	01:43:07	2582	28	28
14	02:22:22	3572	13	13
15	02:54:11	4361	11	11
16	03:02:08	4558	25	25
End	03:13:02	4827		0

Caso 3: Whiplash

Frame rate: 25
(MM:SS:FF)

Título: Whiplash

Shot 0: 00:00:00	Shot 1: 00:05:00	Shot 2: 00:12:19	Shot 3: 00:14:07	Shot 4: 00:17:00	Shot 5: 00:20:02	Shot 6: 00:21:15	Shot 7: 00:22:08	Shot 8: 00:23:01
Shot 9: 00:26:04	Shot 10: 00:36:08	Shot 11: 00:40:23	Shot 12: 00:45:00	Shot 13: 00:49:20	Shot 14: 00:53:18	Shot 15: 00:55:22	Shot 16: 00:58:13	Shot 17: 01:00:03
Shot 18: 01:01:21	Shot 19: 01:02:04	Shot 20: 01:07:07	Shot 21: 01:09:12	Shot 22: 01:12:10	Shot 23: 01:14:09	Shot 24: 01:15:14	Shot 25: 01:16:06	Shot 26: 01:19:13
Shot 27: 01:20:13	Shot 28: 01:23:14	Shot 29: 01:24:16	Shot 30: 01:27:05	Shot 31: 01:28:24	Shot 32: 01:31:00	Shot 33: 01:31:17	Shot 34: 01:32:17	Shot 35: 01:40:05
Shot 36: 01:45:10	Shot 37: 01:47:21	Shot 38: 01:53:11	Shot 39: 01:54:04	Shot 40: 01:59:20	Shot 41: 02:08:02	Shot 42: 02:12:20	Shot 43: 02:14:10	Shot 44: 02:15:14
Shot 45: 02:20:18	Shot 46: 02:24:23	Shot 47: 02:27:18	Shot 48: 02:31:03	Shot 49: 02:33:00	Shot 50: 02:33:22	Shot 51: 02:35:13	Shot 52: 02:38:10	Shot 53: 02:43:20
Shot 54: 02:46:11	Shot 55: 02:47:11	Shot 56: 02:48:17	Shot 57: 02:50:12	Shot 58: 02:53:19	Shot 59: 02:55:11	Shot 60: 02:56:21	Shot 61: 02:59:05	Shot 62: 03:01:04
Shot 63: 03:02:14	Shot 64: 03:03:17	Shot 65: 03:05:23	Shot 66: 03:07:08	Shot 67: 03:08:09	Shot 68: 03:09:23	Shot 69: 03:10:23	Shot 70: 03:13:11	Shot 71: 03:16:11

						End: 05:12:01		
Unrelated		Pan Long		Pan Short		Axis		
P. Det		PE	PM	PP		PG		

ID	TIME CODE	FRAME	SINTAXIS	
0	00:00:00	0		0
1	00:05:00	125	24	24
2	00:12:19	319	20	20
3	00:14:07	357	11	11
4	00:17:00	425	11	11
5	00:20:02	502	11	11
6	00:21:15	540	29	29
7	00:22:08	558		
8	00:23:01	576	11	11

9	00:26:04	654	11	11
10	00:36:08	908	14	14
11	00:40:23	1023	11	11
12	00:45:00	1125	11	11
13	00:49:20	1245	11	11
14	00:53:18	1343	11	11
15	00:55:22	1397	11	11
16	00:58:13	1463	29	29
17	01:00:03	1503	11	11
18	01:01:21	1546	20	20

19	01:02:04	1554	11	11
20	01:07:07	1682	11	11
21	01:09:12	1737	11	11
22	01:12:10	1810	11	11
23	01:14:09	1859	11	11
24	01:15:14	1889	11	11
25	01:16:06	1906	11	11
26	01:19:13	1988	11	11
27	01:20:13	2013	11	11
28	01:23:14	2089	11	11

29	01:24:16	2116	11	11
30	01:27:05	2180	11	11
31	01:28:24	2224	11	11
32	01:31:00	2275	11	11
33	01:31:17	2292	11	11
34	01:32:17	2317	11	11
35	01:40:05	2505	17	17
36	01:45:10	2635	11	11
37	01:47:21	2696	17	17
38	01:53:11	2836	11	11
39	01:54:04	2854	17	17
40	01:59:20	2995	11	11
41	02:08:02	3202	17	17
42	02:12:20	3320	11	11
43	02:14:10	3360	17	17
44	02:15:14	3389	11	11
45	02:20:18	3518	11	11
46	02:24:23	3623	11	11
47	02:27:18	3693	11	11
48	02:31:03	3778	20	20
49	02:33:00	3825	20	20
50	02:33:22	3847	11	11
51	02:35:13	3888	17	17
52	02:38:10	3960	11	11
53	02:43:20	4095	17	17
54	02:46:11	4161	11	11
55	02:47:11	4186	17	17
56	02:48:17	4217	11	11
57	02:50:12	4262	17	17

58	02:53:19	4344	11	11
59	02:55:11	4386	17	17
60	02:56:21	4421	17	17
61	02:59:05	4480	17	17
62	03:01:04	4529	17	17
63	03:02:14	4564	17	17
64	03:03:17	4592	18	18
65	03:05:23	4682	18	18
66	03:07:08	4683	18	18
67	03:08:09	4709	18	18
68	03:09:23	4747	17	17
69	03:10:23	4773	17	17
70	03:13:11	4836	18	18
71	03:16:11	4910	17	17
72	03:20:07	5007	17	17
73	03:26:16	5166	17	17
74	03:27:17	5192	17	17
75	03:29:17	5242	29	29
76	03:30:07	5257	17	17
77	03:31:18	5293	17	17
78	03:32:17	5317	17	17
79	03:35:19	5394	17	17
80	03:37:17	5442	17	17
81	03:39:07	5482	17	17
82	03:42:00	5550	17	17
83	03:43:07	5582	17	17
84	03:44:09	5609	17	17
85	03:45:15	5640	17	17
86	03:47:03	5678	17	17

87	03:49:18	5743	17	17
88	03:51:05	5780	17	17
89	03:53:15	5840	17	17
90	03:58:13	5963	17	17
91	03:59:14	5989	17	17
92	04:00:15	6015	17	17
93	04:01:08	6033	17	17
94	04:04:00	6100	17	17
95	04:05:23	6148	17	17
96	04:07:24	6199	17	17
97	04:11:07	6282	17	17
98	04:13:16	6341	17	17
99	04:15:05	6380	17	17
100	04:18:17	6467	17	17
101	04:20:09	6509	17	17
102	04:22:07	6557	17	17
103	04:24:10	6610	17	17
104	04:26:19	6669	17	17
105	04:27:22	6697	17	17
106	04:29:04	6729	17	17
107	04:29:24	6749	17	17
108	04:30:19	6769	17	17
109	04:49:20	7245	18	18
110	04:53:15	7340	17	17
111	04:55:08	7383	17	17
112	04:57:07	7432	17	17
113	04:58:24	7474	13	13
End	05:12:01	8001		0

Caso 4: On the Waterfront

Frame rate: 25
(MM:SS:FF)

Título: On the Waterfront

Shot 0: 00:00:00	Shot 1: 00:05:00	Shot 2: 00:10:00	Shot 3: 00:12:21	Shot 4: 00:25:08	Shot 5: 00:36:14	Shot 6: 00:41:02	Shot 7: 00:47:07	Shot 8: 00:49:24
Shot 9: 00:55:04	Shot 10: 00:59:09	Shot 11: 01:02:00	Shot 12: 01:04:03	Shot 13: 01:07:14	Shot 14: 01:09:06	Shot 15: 01:13:22	Shot 16: 01:16:04	Shot 17: 01:19:10
Shot 18: 01:22:04	Shot 19: 01:24:17	Shot 20: 01:31:03	Shot 21: 01:34:24	Shot 22: 01:37:20	Shot 23: 01:43:15	Shot 24: 01:45:15	Shot 25: 01:47:13	Shot 26: 01:55:04
Shot 27: 01:58:08	Shot 28: 02:04:02	Shot 29: 02:08:22	Shot 30: 02:13:03	Shot 31: 02:14:13	Shot 32: 02:19:16	Shot 33: 02:22:07	Shot 34: 02:27:23	Shot 35: 02:31:07
Shot 36: 02:34:05	Shot 37: 02:37:08	Shot 38: 02:44:18	Shot 39: 02:48:07	Shot 40: 02:51:13	Shot 41: 02:55:03	Shot 42: 02:57:19	Shot 43: 03:03:19	Shot 44: 03:09:00
					Unrelated	Pan Long	Pan Short	Axis
Shot 45: 03:10:07	Shot 46: 03:12:01	Shot 47: 03:14:10	End: 03:16:13		P. Det	PE	PM	PP
								PG

ID	TIME CODE	FRAME	SINTAXIS	
0	00:00:00	0	0	
1	00:05:00	125	25	24
2	00:10:00	250	11	11
3	00:12:21	321	12	12
4	00:25:08	633	19	19
5	00:36:14	914	20	20
6	00:41:02	1027	22	22
7	00:47:07	1182	17	17
8	00:49:24	1249	11	11
9	00:55:04	1379	11	11
10	00:59:09	1484	11	11
11	01:02:00	1550	18	18
12	01:04:03	1603	11	11
13	01:07:14	1689	11	11
14	01:09:06	1731	18	18
15	01:13:22	1847	11	11
16	01:16:04	1904	12	12
17	01:19:10	1985	17	17
18	01:22:04	2054	17	17
19	01:24:17	2117	11	11
20	01:31:03	2278	20	20
21	01:34:24	2374	17	17
22	01:37:20	2445	20	20
23	01:43:15	2590	17	17
24	01:45:15	2640	20	20
25	01:47:13	2688	17	17

26	01:55:04	2879	17	17
27	01:58:08	2958	11	11
28	02:04:02	3102	17	17
29	02:08:22	3222	11	11
30	02:13:03	3328	17	17
31	02:14:13	3363	11	11
32	02:19:16	3491	17	17
33	02:22:07	3557	11	11
34	02:27:23	3698	18	18
35	02:31:07	3782	18	18
36	02:34:05	3855	18	18
37	02:37:08	3933	17	17
38	02:44:18	4118	11	11
39	02:48:07	4207	17	17
40	02:51:13	4288	17	17
41	02:55:03	4378	17	17
42	02:57:19	4444	12	12
43	03:03:19	4594	22	22
44	03:09:00	4725	26	26
45	03:10:07	4757	20	20
46	03:12:01	4801	20	20
47	03:14:10	4860	14	14
End	03:16:13	4913	0	

Anexo 2 – Sistema de trabajo en *Unity*

Durante la implementación del sistema de visionados mediante *Unity* y su sincronización por medio del protocolo UDP con *MatLab* y el hardware de registro electroencefalográfico, se detectaron datos inconsistentes en el registro obtenido durante la fase de testeo del sistema. Por ello se implementaron un banco de pruebas para poder localizar y resolver los errores. Como resultado se diseñó una metodología de trabajo con *Unity* que permite resolver todas las inconsistencias que presentaba un inicio. Se escribió todo el proceso, resultados y conclusiones en forma de artículo, que puede descargarse en el repositorio arXiv.org perteneciente a la Cornell University y ser citado como «Sanz, J., Wulff-Abramsson, A., Bruni, L. E., Aguilar, C. y Sánchez, L., "Synchronizing Audio-Visual Film Stimuli in Unity (version 5.5. 1f1): Game Engines as a Tool for Research." *arXiv preprint arXiv:1907.04926* (2019)».

Synchronizing Audio-Visual Film Stimuli in Unity (version 5.5.1f1): Game Engines as a Tool for Research.

Authors: Javier Sanz (1), Andreas Wulff-Abramsson (2), Luis Emilio Bruni (2), Carlos Aguilar (1) and Lydia Sánchez (1)

(1) Department of biblioteconomia, documentació i comunicació, Biblioteconomia i documentació, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.

(2) Department of Architecture, Design and Media Technology, Aalborg University, Copenhagen, Denmark.

Summary

Unity is a software specifically designed for the development of video games. However, due to its programming possibilities and the polyvalence of its architecture, it can prove to be a versatile tool for stimuli presentation in research experiments. Nevertheless, it also has some limitations and conditions that need to be taken into account to ensure optimal performance in particular experimental situations. Such is the case if we want to use it in an experimental design that includes the acquisition of biometric signals synchronized with the broadcasting of video and audio in real time. In the present paper, we analyse how Unity (version 5.5.1f1) reacts in one such experimental design that requires the execution of audio-visual material. From the analysis of an experimental procedure in which the video was executed following the standard software specifications, we have detected the following problems desynchronization between the emission of the video and the audio; desynchronization between the temporary counter and the video; a delay in the execution of the screenshot; and – depending on the encoding of the video – a bad fluency in the video playback, which even though it maintains the total playback time, it causes Unity to freeze frames and proceed to compensate with little temporary jumps in the video. Finally, having detected all the problems, a compensation and verification process is designed to be able to work with audio-visual material in Unity (version 5.5.1f1) in an accurate way. We present a protocol for checks and compensations that allows solving these problems to ensure the execution of robust experiments in terms of reliability.

KEYWORDS

Unity, video, delay, movie texture, experimental design, methodology

1. INTRODUCTION

To capture and analyse the reactions of the spectator to certain audio-visual events, we need a system that allows us to synchronize different measurements together with different chosen audio-visual clips. Unity is a software mainly for videogame and simulation development [1-4]. However, this tool can also be very useful in research, because it allows to schedule actions and events, and to capture virtual behavioural data synchronized with the process of the experiment. It allows a great versatility of programming, including the possibility of working with video and synchronizing video

signals with external sources of measurements, making it an appropriate environment for the development of experiments. The versatility of Unity allows parallel processing of actions in videogames, like for example record and store eye-tracking information while analysing user game behaviour. Similarly, Unity also allows network-based synchronization with external programs such as Matlab to relate electroencephalogram (EEG) signals to in game events [5,6]. Similar procedures have been used to study the EEG of subjects exposed to content different from video games, such as for example exposition to abstract and figurative artistic paintings [7]. However, the use of video in Unity requires an elaborate and precise methodology in order to avoid synchronization errors.

Integration of video in Unity has been used to perform different research experiments [8-10]. To use videos in Unity a "movie texture" has to be employed, which applies the video as if it was a texture on a well illuminated two-dimensional element in Unity's three-dimensional space [11]. This procedure allows to integrate a video in Unity, however, this integration is not optimal, because it implies a high consumption of computer resources by Unity that can influence the correct functioning of the system. Given that the synchronization of psychophysiological or behavioural recordings with the viewing of the video is critical in research, in order to record the measurements in synchrony with the progress of the video we must verify that the flow of the system does not introduce delays or any desynchronization between the different processes executed by Unity.

In order to check how video execution affects the consumption of resources in the Unity system and if this consumption of resources can produce errors in the data record of an investigation, we have designed a set of tests to verify the reliability and accuracy offered by Unity when playing videos in the way described in previous literature, that is, in the mode of film texture and with video files converted to the format .ogg Theora [12].

2. METHODOLOGY

The objective of the experimental design was the synchronization of the EEG and the ocular scanner records of subjects exposed to films with the events pre-established on those films. During the development of the experiment it was detected that the Unity software could be producing erroneous data in the records of the experiment, so it was decided to design a test to verify the reliability of the system. Once synchrony problems were detected, solutions were developed to register the data correctly. The methodology, despite being designed for a concrete experiment and applied on Unity 5.5.1f1, could be applied in other experiments involving video files as well as in any other versions of Unity. In many investigations, the temporal precision of data records requires absolute robustness, this methodology is applied to check the coherence of the data record and to be able to compensate it in case of detecting delays in the records. The test methodology consists of two steps. The first step, analyses the playback quality of the video in Unity at different configurations to determine the maximum quality of the video format supported by the system. Once this has been determined, the second step analyses the reliability of the data recording process (saved in a text file), by comparing it with the progress of the audio-visual experience.

2.1. Step 1

The first part of the methodology is focused on checking whether the frame flow and the quality of the video managed through Unity is stable and fluent. The tests are done with two different scenes from different films. The final scene of the movie *Bonnie & Clyde* [13] and the scene of Julian's death in *Children of men* [14]. The video is prepared following the ideal conditions as indicated in the Unity documentation; i.e.: encoded with Theora and below of 8356 kbps, which is the maximum supported natively, considering that working with video in High Quality consumes many more resources than in Normal Quality [12]. We start a source file with codec H264 at a frequency of 25fps progressive, with a resolution of 1280x720 and square pixel (1.0) with variable bitrate VBR Min 5 Mbps - Max 7 Mbps and audio with AAC codec in Stereo with a frequency of 48kHz and a bitrate of 192Kbps. We convert the source file to OGG with a maximum image bitrate of 7000kbps. We activate the option Soft Target, which makes the bitrate control less strict and usually offers better quality combined with Two pass encoding. For the audio we apply a bitrate of 192kbps and a frequency of 48kHz (it was done using the following program [15]). As we have a video with a maximum bitrate of 7000kbp, after this recoding we set the video quality of Unity to 0.9, which corresponds to a video processing capacity of 7535kbps.

A fluency test is performed on this video to know if the frame rate reproduced in Unity remains constant and stable during playback. To verify this, a frame counter is superimposed onto the video and the video counter reproduced by Unity is recorded with a video camera. A Panasonic model HC-V700 camera was used, which allowed us to shoot at 50fps. It is important to be able to shoot with a frame rate that is at least double as high as 25, since we can have a double exposition (figure 1) due to a lag between the camera's shutter frequency and the video frequency in Unity. It is due to the shutter speed of the camera that a camera frame could start its capture in the middle of a frame and end it in the middle of the next.

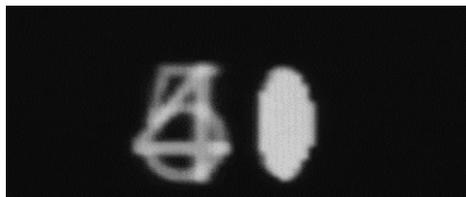


Figure 1 Screenshot of a double exposition in the frame counter

The verification of the correct running of the video in Unity can be deduced from a constant and stable advancement of a frame counter filmed by the camera. Cases in which jumps in the counter appear, or some numbers remain on the screen longer than what their frequency determines, can be considered a sign of poor fluency in the playback of the video by Unity.

2.2. Step 2

Once the adequate compression of the video has been checked, we proceed to perform reliability tests of the data recording and synchronization system. For this purpose, we programmed a temporal counter in Unity that starts running just before the video is loaded. A controller is then activated to capture the frames that will be tagged by the time

counter running in Unity . To make the frames easily recognizable, we programmed the temporal marks in the transitions between shots (cuts) and at the beginning of the movie fragment. In addition to this, we kept the frame counter superimposed to the video feed during the execution, which was captured by the video camera.

To check the synchronicity of the audio track with the video, the sound output is connected in line to the video camera adjusting the audio level to be equal to the original sound. Then, we compared the original clip with the video that captured the playback in Unity and its frame counter. The comparison can be made with a normal editing program (in our case Premiere 2017).

This second step allows us to compare the temporal marker of the captured frames, the sound and the text file generated by Unity , which ultimately enabled us to find any synchronization mistakes. This process rigorously studies the perfect temporal execution of the video in Unity and the synchronicity between the different programmed actions. This is important to ensure if we are registering, for example, eye tracking or electroencephalogram data simultaneously. If they are not perfectly synched, the programmed temporal markers are faulty, and if the audio does not run in synchrony with the video the perceived audio visual experience will be poor, thus affecting the outcome of the experiment.

2.3. The Unity Program

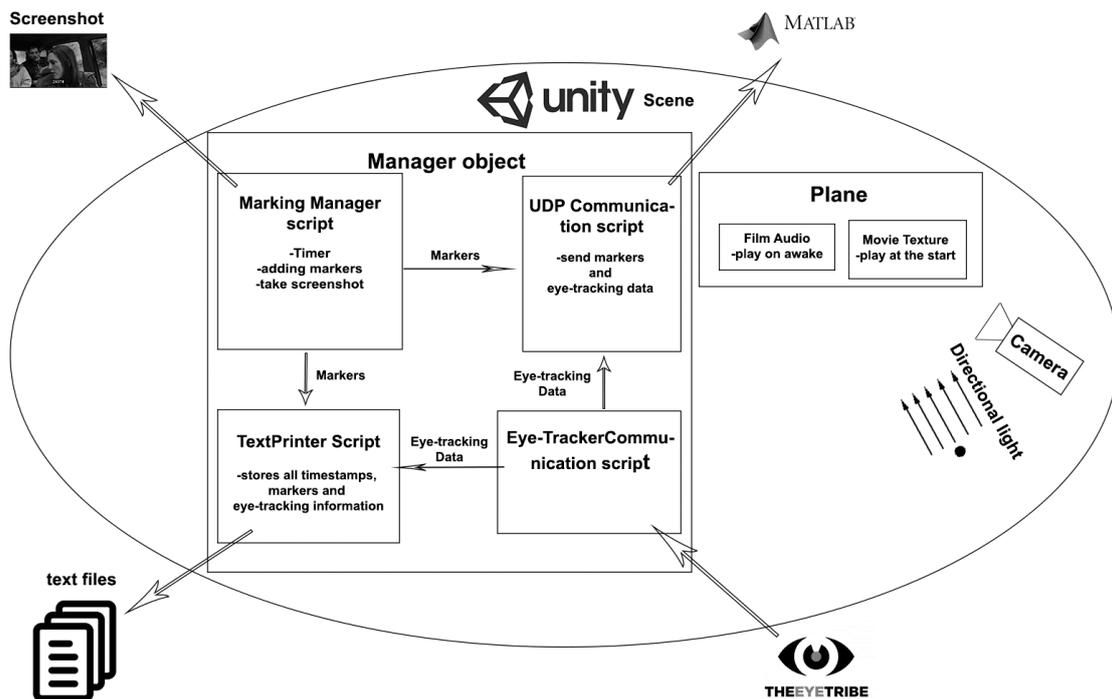


Figure 2 The building blocks used in the Unity scene. To the right the Plane on which the movie texture is attached is shown. The Plane is illuminated by a directional light and it is captured by an in-unity camera entity. To the left is the manager object. This object serves as a time tracker, marker manager and data communication entity to other outside programs

To make a scene in Unity (version 5.5.1f1), which is able to playback a video, the following elements are needed: a plane, a camera, a directional light and a manager object (see Figure 2, right side). The plane is the surface on which both a material containing the video texture and the audio file from the video are attached. Both parts of the stimuli are instructed to play when the scene is loaded. The light in the scene is a directional light and is pointing at the plane in order to illuminate it as uniformly as possible. The Camera is directed at the plane as well, situated so the plane covers the whole viewing plane.

The manager object is an invisible object containing and running all the scripts necessary to run the experiment: A marking manager script, a UDP communication script, a textPrinter script and a eye-trackerCommunication script (see Figure 2, left side).

The marking manager script keeps track of time, which for the sake of synchronization is started at -0.251793, as it takes unity that amount of seconds to start the film. When this timer reaches a certain specified time for when there is a cut in the film, the script does several things: it instructs Unity to take a screenshot with the title (number of captions, minutes, seconds, frames), and it sends marker information to the textprinter script and the UDP communication script. When the timer reaches the length of the film clip the scene is changed to scene containing another film clip.

The purpose of the UDP communication script is to establish a networking communication to programs outside Unity e.g. MATLAB. This serves the purpose of synchronizing the markers created in Unity with other datastreams e.g. physiological data recorded through MATLAB. Additionally, the UDP connection can also be used to transfer and synchronize other data such as Eye-tracking data.

The textPrinter script constantly receives time and event marking data from the manager script, and together with eye-tracker data from the eye-trackerCommunication script, it fills up a list of all the received data. The data are all associated to specific time stamps, which are ordered in the list. At the end of the film clip the list of data is saved as a text file for post experiment inspection.

The last script of importance for the setup is the eye-trackerCommunication script. The purpose of this is to receive and communicate the eye-tracker data from e.g. an Eye-Tribe device, which needs a TCP networking paradigm to get access to its data.

3. RESULTS

With this methodology, we can proceed to check how Unity plays back audio-visual content.

3.1. Step 1

The tests performed as step 1 show irregular fluency in the video playback. By observing the videorecorded frame-counter we can notice how some frames last longer than they should as well as the occurrence of jumps in the frame counter sequence. It can be seen that the duration of the clip remains the same as in the original. The fact that these frames are played for a longer time does not mean that the video slows down- Unity compensates the jams with small temporal jumps, thus skipping some frames. This test leads us to conclude that the playback of videos embedded as a texture in Unity respects the length of the fragment, but presents problems to guarantee an adequate fluency of the content.

Since the playback quality is of paramount importance, different converters to Theora codec were tried: VLC, Theora Converter.NET, Simple Theora Encoder and various other online alternatives. The converter that produced the best results was Theora Converter.net in terms of preserving visual quality and the smoothness of the playback in Unity. Therefore, it was decided to utilize Theora Converter.net as the converter for multiple conversion tests.

3.1.1. Theora codification

Theora is a video encoding based on the VP3 codec. Theora allows a block-based motion compensation, a free-form variable bitrate (VBR), a minimum block size of 8x8, a flexible encoding of entropy, a subsampling format of 4:2:0, 4:2:2, and 4:4:4, 8 bits per pixel per channel colour, multiple frames of reference (frames) and intra frames (I-frames in MPEG), inter frames (P-frames in MPEG), but not B-frames (in MPEG4 ASP, AVC) [16]. Theora Converter.Net gives also the options to activate Soft Target and Two pass encoding. In addition to being able to specify the maximum bitrate, these options were not available in all the free converters.

Different coding configurations were tested using Theora Converter.Net in automatic and manual configurations. It was tested with two H264 1080p source files. One with variable bitrate VBR with a maximum bitrate of 8000kbps and another with constant bitrate CBR of 8000kbps. It was concluded that the best results in Unity arose from the variable bitrate CBR and with the configuration in Theora Converter.Net set to Soft Target and Two Pass encoding activated. However, there were still traces of fluency problems. Nevertheless, modifying the bitrate of the source file before converting the file could get rid of the problem, as the bitrate-specific data depends on the source file.

3.1.2. Source video file

Once the configuration of the converter to Theora was established, we tried alterations to the source file utilizing Premiere 2017 [17]. The previous work with Theora enabled us to achieve better results when coding the source file, thus knowing how to make Theora Converter.Net perform the least amount of transformations as possible. The framerate was changed to 24 and 30 but showed no improvements in Unity, as Unity plays the file back at 25 fps. Therefore the importance of the framerate was discarded. Different source bitrates were tested as well between 5000 and 8000 kbps, but the resulting videos did not significantly improve their fluency in the Unity execution.

Once the variation of the bitrate was ruled out as the main factor affecting the quality of the fluency in the Unity playback, tests were performed on video resolution. Reducing the size of the frame to 1080 x 720 pixels provided better results, diminishing the jumps and the delays of the playback in Unity. Despite this, the behaviour of the video was still not optimal, so we decided to resort to a configuration similar that of a standard DVD, with an SD resolution of 576 x 480 pixels in progressive format. The 480p video configuration played fluently in Unity, but it is considered the minimum threshold to maintain an acceptable quality of content reproduction. Therefore, the following tests revolved exclusively around reducing the bitrate, applying signal limiters, and signal compressors.

3.2. Step 2

In order to guarantee a smooth reproduction of the video in Unity, the source file has to be in H.264 PAL DV (16: 9), with resolution 576x480 at 25fps progressive, with a variable bitrate VBR 2 passes at 2-4 Mbps, and Main profile and appearance D1DV PAL 1,094. In addition, the options of signal limiters and compressors offered by Premiere 2017 should be applied. More specifically, the file has a video limiter with Intelligent limit (-30 - 130) on axis reduction and the reduction method is Compress all (shadow 64-10, Highlight 192-10). The sound was set to stereo AAC at a frequency of 48000Hz and a bitrate of 192Kbps. Afterwards, the conversion process to Theora was configured with a maximum bitrate of 4000kbps, with soft target and two pass encoding activated. The sound was set at a bitrate of 192kbps and a frequency of 48000Hz. When loading the video in Unity, the quality was set to 0.475, which is equivalent to 4000 Kbps. Once the most optimal coding of the reproduction of the video was determined we proceeded with the synchronization and data recording tests. The first results showed desynchronization between the audio and the video when played in Unity.

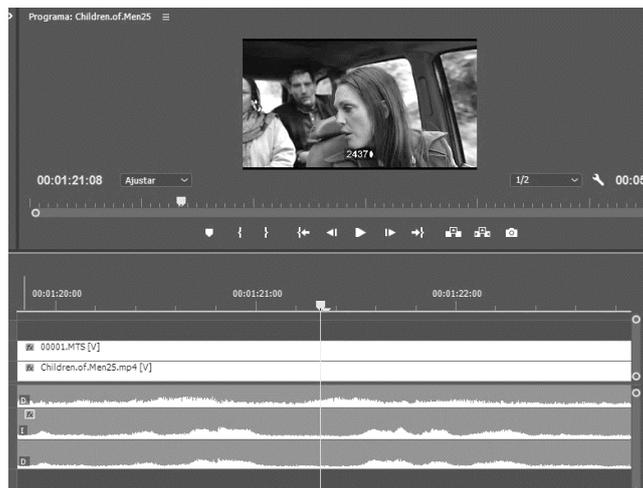


Figure 3 Screenshot of the frame code in the source video and the audio delay



Figure 3 Screenshot of the frame code filmed and the audio delay

When we compared the playback with the embedded frame code (recorded by our videocamera) with the original clip in the edition software, the sound tracks did not match. We could observe desynchronization between the audio and the video when reproduced in Unity. When playing videos in Unity, you have to load video and audio separately in sequential orders. This procedure introduces a delay in the reproduction of the audio with respect to the video. The same synchrony test between audio and video was applied in different clips from different movies and the delay resulted to be variable between 5 and 6 frames, but in all cases it remains constant throughout the video. Specifically, it was applied in addition to the scenes of *Bonnie & Clyde* [13] and *Children of men* [14] in scenes of *On the Waterfront* [18], *The searchers* [19] and *Whiplash* [20].

In addition to verifying the synchrony, we want to check that when Unity records information associated with an event placed in a specific time of the video, the recorded data corresponds precisely to the corresponding frame of the video event. To do this, we recorded the frame number that Unity is programmed to capture in a text file and compared it to the captured frames. The captured frames overwrote the frame number with the corresponding frame counter. By comparing both recordings, a constant delay is prevailing between the capture of the frame and the text file containing the programming order. If we convert the time recorded in the frame counter and compare it with the value of the frame counter that was overwritten in the captured pictures, the values did not match. Of the 79 captures programmed for Unity registration, 69.6% are delayed by 3 frames, 17.7% by 4 frames and 12.7% by 2 frames. This delay between 2 and 4 frames could have the same explanation as the audio delay. The time counter starts executing after the playback instruction of the video, but Unity introduces a delay in the playback of the video, which could be the reason why the counter and the video were desynchronized. Due to this lag, introduced by the video management, we must add an error of +/- 1 frame, thus a maximum error margin of +/- 0.04 seconds as the video is played at 25fps, achieving thereby a configuration where we get maximum synchrony.

Observing the time register file generated by Unity (Table 1), it can be observed that a constant frequency of appearing frames emerged when a screen capture function was called. This implies that the screen capture needs a certain time to finish, which introduces a delay in the captured image.

Table 1 Time recorded in the register file

Registered Time in seconds	5.840649	5.85721	5.873774	5.890343	5.906908	6.039409	6.055976	6.074334	6.090903
Time increased between one frame and the next in seconds	0,016561	0,016564	0,016569	0,016565	0,132501	0,016567	0,018358	0,016569	0,016565
Increased time converted in frames	0,414025	0,4141	0,414225	0,414125	3,312525	0,414175	0,45895	0,414225	0,414125

Taking into account that the file is played at 25 fps, the frame capture process is done with a delay of 2.89 frames. It is therefore estimated that the frame capture generated a 2 frames delayed with respect to what it should capture.

3.3. Error correction

The correct synchronization between the playback of the audio-visual stimuli in Unity and the recording of data from external sensors is influenced by the delay the process of video and audio reproduction generates when executed in Unity. There are two processes that introduce delays. The first one concerns the correct reproduction of the video in Unity and the second the data recording. Solving the issue requires the correct synchronization of the audio-visual input with the recording of the signals coming from the peripherals managed by Unity. This requires two independent procedures.

a) Compensate the desynchronization between visual and audio. In order to correct the desynchronization between audio and visual when played in Unity, it is necessary to compensate the detected delay by modifying the video that will be played back. For this, the video that was going to be played was created by advancing the sound track the number of frames that we previously calculated. This video alteration allows the reproduction of audio and video in Unity to be synchronized. The only way to solve this problem is creating a source video with a desynchronization that will be compensated by Unity when the audio-visual is played back.

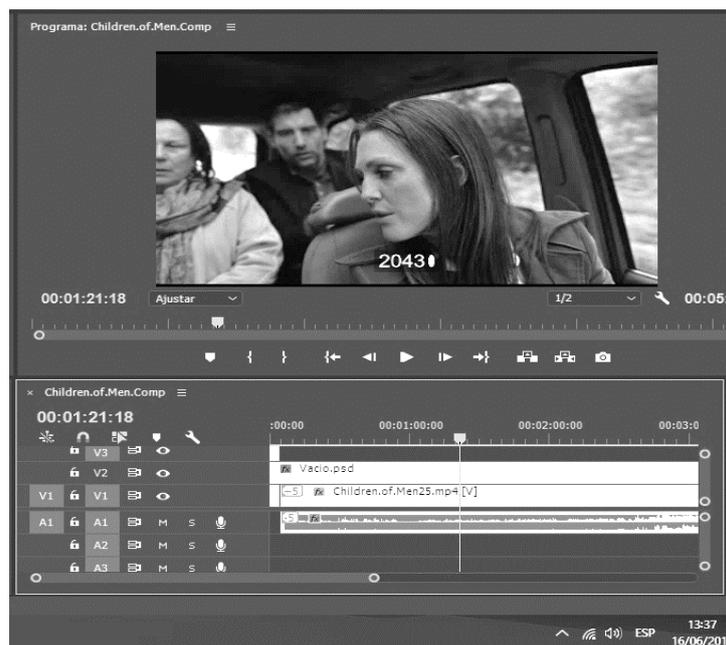


Figure 4 Screenshot of the audio delay fixed in the source video

In this way, the video with the advanced audio will not suffer the delay introduced by Unity resulting in a synchronized playback. We re-run the synchrony test again and observed that Unity played back the video in perfect synchrony.

b) Compensate the delay entered in the event record. Unlike the problem of synchronization between video and audio, programming a compensation for the delay in the execution of Unity did not pass the synchrony tests, so the error, despite remaining

constant throughout the execution, starts with a delay variability that is impossible to predict. For this reason, the compensation must be made on the recorded data, once the lag introduced by the registration process has been verified in each specific case. The delay introduced by the capturing process is calculated first by comparing the captured frame with the overwritten frame counter, and then by calculating the difference between the time saved in the text file for that capture and the time in the video, which corresponds to the captured frame. We used this delay value to compensate all the temporal values in the text files that Unity created during its execution. Through this process we cannot compensate the Unity counter in its execution due the +/-1 frame of delay range, but we managed to synchronize the data recordings with the audio-visual input.

4. CONCLUSION

To conclude we would like to summarize the proposed methodology but first it is necessary to clarify that it may not be universally applicable. The method must be adapted for each experiment by repeating the procedures for the concrete experiment. Furthermore, to avoid other computer related synchronization biases, it is also necessary to deactivate all the unnecessary software and block the maintenance activities of the computer on which Unity is running. The proposed methodology is divided into three blocks. It is important to follow these blocks in the order indicated because the results of the subsequent blocks are conditioned by the configuration of the processes in the previous blocks.

- 1- Define the encoding parameters for the video.
- 2- Compensate the audio.
- 3- Compensate the temporal text file.

The first and second block must be implemented before the execution of the experiment, while the third block is performed afterwards on the recordings from the experiment.

4.1. Define the encoding parameters for the video

The first step is to define the conversion software that will be used. To do this the codec, format and bitrate characteristics, supported by our version of Unity, were collected in order to perform standard conversions for all of our chosen clips. Once we have converted our battery of clips, we load them into Unity and perform the fluency test with a video camera. This will help optimize the configurations of the conversion to Theora software. Once the converter was reconfigured, clips with different conversion characteristics to Theora were created. We returned to the fluency test to elucidate if further optimization of the video files were needed.

The next step is to define the characteristics of the video clip before they are converted to Theora. For this we tested an ideal Theora configuration for Unity by performing the fluency test with the video camera. If we did not achieve an acceptable fluency we modified the features of the videos to approach a lighter reproduction file. If the first alteration of the video files did not produce adequate fluency, we repeated the previous step. After several tests, the clips will be of the best quality that Unity can reproduce in an acceptable way. In this step we must have in mind that certain parameter alterations

can provoke an alteration to the conversion configuration in Theora, thus requiring returning to the first step before continuing.

4.2. Compensate the audio

The compensation of the audio desynchronization is done in six steps.

- a- Video with frame counter overwritten.
- b- Filming Unity as it plays the video with the frame counter, and while the audio is passed to the camera.
- c- Calculate the delay between the audio and the video.
- d- Create a new video file with compensated audio.
- e- filming the compensated video with time counter overwritten played by Unity.
- f- Check that Unity reproduces video and audio synchronously.

The first step is to add a frame counter to the video file. In this way we will be able to work with precision during the comparison between the clip and the filming of the playback in Unity. The second step is to film the playback while passing the sound from the computer to the camera. Once step (b) is done, we can compare the filmed track with the original clip in an editing program and adjust them by following the frame counter. This allows us to calculate the delay that occurred in the play back in Unity between the video and the sound. When the delay is known, we advance the audio in the original clip in such a way that the delay estimated between the execution of the video and the sound in Unity will be compensated.

Once we have the video file with the compensated audio we re-test it as we have done in the step (b). At this time, we should observe that when synchronizing the video files in the editing software by following the frame counter, the audio must coincide between the filmed and the original clip. In case they do not coincide, it should maximum be with a difference of +/- 1 frame. This can be caused by the filming frequency of the video camera and the playback of the video not matching up. In this case we return to step (e). If the delay was maintained, we deduced that the problem was not in the filming of step (f), but in step (b). Thereafter we readjust the desynchronization calculated in step (c) adding or subtracting a frame change and go back to step (d). We repeated the steps as many times as necessary until the audio and video played in Unity are synchronized.

4.3. Compensate the temporal record text file

The compensation of the temporal record text file has 5 steps. One of them is done before performing the experiment and the remaining are performed on the recordings after each experiment.

- a- Create synchronization marks and programming its screenshot.
- b- Define the time difference between the screenshot and the programmed temporal registry that ordered the capture.
- c- Calculate the delay of the capture.
- d- define the delay between the time counter and the video playback in Unity.
- e- Compensate the Unity registry text file.

To understand and compensate for the temporal delay between the screen capture and the text file with the temporal information about the screenshots, a black screen of minimum 10 frames in the beginning of the clips with a superimposed frame counter must

be added to the clips. Additionally, a synchronization mark should be programmed to take a screenshot at the beginning of the clip that will show the black frame and the counter. An alternative option is to add the synchronicity mark at the end of the video. One can also make two synchronization marks, one at the beginning and one at the end in order to enhance the reliability. Once the synchronization mark has been added to the system, the steps previous to the experiment are concluded. The remaining steps concern the recorded data text file.

Once the experiment is carried out, we convert the time of the text file to frames and compare it with the synchronization mark's frame counter in order to calculate the first delay value. Then we compared the time recorded in the text file time for the synchronization mark screenshot with the next temporal recording. This will define the delay caused by the screenshot. Once these two values are obtained we know the real delay that exists between the Unity timer and the video playback. Finally, we apply this correction to all the temporal data recorded in the text file from the experiment. Thereby, the text file will be synchronized with the original video input.

5. REFERENCES

1. *Cities: Skylines*. (2015). [Video Game]. Developed by Colossal Order.
2. *Escape Plan*. (2012). [Video Game]. Developed by Fun Bits Interactive.
3. *Firewatch*. (2016). [Video Game]. Developed by Campo Santo.
4. *Rust*. (2013). [Video Game]. Developed by Facepunch Studios.
5. Bruni, L. E., Bacevicuete, S., & Arief, M. *Narrative Cognition in Interactive Systems: Suspense-Surprise and the P300 ERP Component*. *Interactive Storytelling* (2014, November 3), Lecture Notes in Computer Science book series Vol. 8832, 164-175.
6. Wulff-Jensen, A., & Bruni, L. *Evaluating ANN efficiency in recognizing EEG and Eye-Tracking Evoked Potentials in Visual-Game-Events*. 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Los Angeles, EE.UU., 2017. Springer International Publishing.
7. Bacevicuete, S., Bruni, L., Burelli, P., & Wulff-Jensen, A. *Differences in Cognitive Processing When Appreciating Figurative and Abstract Art Can Be Detected by Integrating EEG and Eye-Tracking Data*. 24th Conference of the International Association of Empirical Aesthetics, Vienna, Austria, 2016.
8. Genovese, A., Craig Jr., C., & Calle, S. *3ME-A 3D Music Experience* (2010). ResearchGate.
9. Larkee, C., & LaDisa, J. *An efficient approach to playback of stereoscopic videos using a wide field-of-view*. *Electronic Imaging* (2015), 1-6.
10. Ramachandrappa, A. *Panoramic 360° videos in virtual reality using two lenses and a mobile phone*. Doctoral dissertation, University of Illinois, Illinois, EE.UU., 2015. Link: <https://ideals.illinois.edu/handle/2142/89067>
11. Thorn, A. *Unity Animation Essentials*. Packt Publishing, 2015, Birmingham, England.
12. Unity Technologies. (2017). *Unity User Manual (2017.3)*. Retrieved 2017, from <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
13. *Bonnie and Clyde*. (1967). [Motion Picture]. Directed by A. Penn.
14. *Children of Men*. (2006). [Motion Picture]. Directed by A. Cuarón, A.
15. Ratkiley. *Theora Converter .NET*. Retrieved April 12, 2018, from <https://sourceforge.net/projects/theoraconverter/>

16. theora.org. *Theora Format Specification*. Retrieved 06 13, 2017, from:
<http://theora.org/doc/Theora.pdf>
17. Adobe. *Premiere Pro CC 2017*. Retrieved April 13, 2018, from
<https://www.adobe.com/products/premiere.html>
18. *On the Waterfront*. (1954). [Motion Picture]. Directed by E. Kazan.
19. *The Searchers*. (1956). [Motion Picture]. Directed by J. Ford.
20. *Whiplash*. (2014). [Motion Picture]. Directed by D. Chazelle.

Anexo 3 – Estándar de procedimiento experimental en el laboratorio

Se definió un estándar experimental para seguir siempre los mismos pasos y en el mismo orden en la ejecución de los experimentos. Esto ayuda a mantener unas condiciones lo más parecidas posibles para todos los usuarios y evitar posibles errores técnicos. Se definen dos estándares, uno que se realiza al inicio y final de cada sesión de experimentos y otro estándar que se realiza al inicio y final de cada experimento concreto. En el experimento se aprovechó la ocasión para registrar también los parpadeos con escáner ocular para otro experimento diferente al presentado en la tesis doctoral. El procedimiento experimental cuenta con unos procedimientos a seguir antes de iniciar y al acabar la jornada de sesiones experimentales (apartado 1) y unos procedimientos a seguir antes y después de cada experimento concreto (apartado 2). El resumen que se muestra en el apartado 3 estaba impreso en el laboratorio y se repasaba cada vez que se realizaban estas tareas para asegurar el perfecto cumplimiento del procedimiento.

1. Sesión experimental

Cuando iniciamos la sesión experimental, arrancamos los programas que vamos a utilizar y cargamos las sesiones de trabajo. Comprobamos que *MatLab*, *Unity* y el software de *Eye Tribe* funcionan correctamente. Después comprobamos la cámara, que esté correctamente conectada a la corriente eléctrica, que la tarjeta esté formateada y la entrada de sonido en línea del ordenador a la cámara funcione a un nivel adecuado. Esto último lo comprobamos al mismo tiempo que comprobamos el sistema de sonido del ordenador a los altavoces orientado al usuario. Ejecutamos los videos en *Unity* y comprobamos que tanto la reproducción en *Unity* como los altavoces y la entrada de sonido en cámara funcionan correctamente. Tras estas primeras revisiones, conectamos los electrodos al sistema. Conectamos el amplificador del EEG y también los *gamma boxes*. Cuando se prevea un parón largo entre un usuario y otro se apagan lo *gamma boxes* para ahorrar batería. Con todo esto conectado comprobamos que *MatLab* da conectividad en los electrodos. Una vez seguros de tener todo el sistema preparado para realizar los experimentos, rellenamos tres jeringuillas con gel para ir más rápido cuando trabajemos con el usuario y preparamos unos snacks y bebidas para que lo tomen los usuarios cuando finalicen el experimento.

Al finalizar la sesión se apagan los amplificadores del EEG, los *gamma boxes* y la cámara. Se cierra el software de *Eye Tribe*, *Unity* y *MatLab*. Realizamos la copia de seguridad de los formularios rellenados en la sesión experimental y se vuelcan todos los datos registrados por *Unity* y *Matlab* en la sesión. Se limpian todos los electrodos con agua y se dejan secando para la sesión siguiente. Se realiza una copia de seguridad de todos los datos obtenidos en una cuenta de *One Drive*. Finalmente se recogen los snacks y bebidas y se toma nota si falta algo para la siguiente sesión.

En el laboratorio, en la zona de control, se cuelga un resumen de todos los pasos a seguir que puede verse en el apartado 3 del presente anexo para tenerlo siempre presente. Al iniciar o finalizar la sesión experimental se revisa la hoja y se van ejecutando todos los pasos punto a punto en el orden establecido.

2. Experimento

Cuando llega el usuario, lo recibimos explicándole en que va a consistir el experimento. Cuando realizamos esta explicación tratamos de limitarnos a cuestiones técnicas para que el usuario no sospeche detalles sobre el experimento y este condicionado por ello. Sobre todo, evitamos mencionar términos como parpadeos, montaje, corte, planos, etc. Aprovechamos esta explicación para dar el formulario de consentimiento que puede verse en el apartado 4 del presente anexo. Después del formulario de consentimiento le planteamos al usuario realizar el test inicial.

Tras estos primeros pasos, sentamos al usuario en la silla frente el monitor. Lo colocamos a la distancia correcta y nos aseguramos de que esté cómodo. Tras esto, colocamos los electrodos en su cabeza bien ajustados, otro electrodo junto al ojo en el lateral palpebral y la pinza de referencia en la oreja. Comprobamos que los amplificadores y los *gamma boxes* están conectados y en correcto funcionamiento y procedemos a aplicar el gel en cada electrodo. Es importante prestar especial atención a los *gamma boxes*, ya que funcionan con batería externa.

Llegados a este punto chequeamos el sistema de registro. Ejecutamos *MatLab* y testeamos que el electroencefalograma funciona correctamente. Revisamos cada canal haciendo al usuario parpadear y apretar los dientes. Detenemos *MatLab* y procedemos a calibrar el escáner ocular con el software de *Eye Tribe*. Tratamos de conseguir la máxima puntuación posible. Si obtenemos una puntuación por debajo de 4 repetimos la

calibración intentando ajustar mejor la orientación del escáner ocular. Solo aceptamos puntuaciones por debajo de 4 si se repiten 3 veces calibraciones inferiores. En este caso conseguimos la mayor puntuación posible por debajo de 4. Ajustamos el encuadre de la cámara al usuario e iniciamos la grabación de video. Después comenzamos la grabación en *MatLab* y finalmente ejecutamos *Unity*. Al ejecutar *Unity* empieza la sesión de visionado de 37'03" explicada anteriormente.

Una vez finalizado el experimento, cuando *Unity* se detiene de forma automática, detenemos manualmente la grabación en *MatLab* y la grabación de la cámara de video. Cambiamos la tarjeta de cámara y formateamos la nueva. Después de esto retiramos los electrodos del usuario. Le damos papel para que pueda limpiarse el gel y le ayudamos a ello. Después le damos una bebida y le planteamos el test final. Para que se ayude le damos una hoja con una muestra de fotogramas de cada clip. Esto le permite recordar todos los clips y poder unificar para todos los usuarios un identificador para cada clip, ya que se reproducen en orden aleatorio. Una vez finalizado el test, se le ofrece algún snack y rellenar su bebida, se le entrega el regalo de agradecimiento por su participación y se responden las dudas que tenga sobre el experimento. Una vez ya el usuario se ha marchado, se descargan los videos de la tarjeta de cámara, se limpian un poco los electrodos con papel seco y se rellenan las jeringuillas de gel para el próximo usuario.

Tal como se hace con el procedimiento para cada sesión experimental, se hace un resumen que puede verse en el siguiente apartado y se coloca a la vista en la zona de control junto al procedimiento de sesión. De esta forma tenemos siempre presentes todos los pasos y evitamos variar el orden o cometer errores técnicos.

3. Esquema del proceso de laboratorio

Sesión de trabajo.

Inicio sesión:

Abrir y comprobar que todos los programas funcionen correctamente. *MatLab*, *Unity* y *Eye tracker*.

Encender los focos.

Encender, formatear y comprobar la cámara.

Encender y comprobar el sistema de audio.

Conectar el amplificador de EEG y los *gamma boxes*. Chequear la conectividad con *MatLab*

Preparar las jeringuillas con gel.

Preparar los snacks y bebida

Final de sesión:

Apagar los amplificadores y los *gamma boxes*.

Formatear y apagar la cámara.

Cerrar los programas del *eye tracker*.

Descargar los datos de *Unity*.

Descargar los datos de *MatLab*.

Cerrar *Unity* y *MatLab*.

Apagar los focos.

Copia de seguridad del formulario del día.

Limpiar el gorro y el instrumental con agua.

Recoger los snacks y bebida y tomar nota si hay que comprar algo para la siguiente sesión.

Actualizar la copia de seguridad de One Drive.

Cada experimento:

Inicio:

Pasar el formulario de consentimiento y explicar en qué consiste el experimento.

Pasar el cuestionario inicial.

Sentar al usuario a la distancia correcta.

Poner el gorro con electrodos (Recuerda el electrodo del ojo, la pinza en la oreja y el seguro en la ropa)

Comprobar los amplificadores y los *gamma boxes*.

Poner el gel. (Recuerda, seguir orden por zonas para no dejar ninguno sin rellenar.

Recordar electrodo en el ojo y pinza en la oreja)

Play *MatLab* y testear con parpadeos y boca (*clenching teeth*)

Parar *MatLab*

Activar el *eye tracker*.

Calibrar el *eye tracking*

Anotar la calibración del *eye tracking*

Poner a grabar la cámara.

Poner a grabar *MatLab*

Ejecutar *Unity*.

Final:

Detener *MatLab*.

Cambiar nombre de archivo en *MatLab*.

Parar la cámara.

Cambiar la tarjeta SD de la cámara.

Formatear tarjeta nueva.

Quitar el gorro de electrodos (cuidado con la pinza de la oreja, el electrodo del ojo y la pinza de seguridad).

Desactivar el *eye tracker*.

Pasar el test final con la muestra de clips.

Entregar al usuario el regalo de agradecimiento por su participación.

Descargar tarjeta

Limpiar el gorro con papel.

Preparar las jeringuillas con gel.

4. Formulario de consentimiento

En la siguiente página se adjunta el formulario de consentimiento que se ofrecía para leer y firmar a cada participante.

Participant number:

Consent Form for Participation in Research Study

Purpose of the study: The purpose of this study is to understand people's experiences while viewing a film.

Procedures: Before the test, you will be asked to fill in a demographic questionnaire, for general statistics. Then, we will place and calibrate equipment for the measurement of your electrical brain activity and your eye movements with an eye-tracking and a video camera. During the test we will ask you to watch 8 selected scenes from important films in the history of motion pictures.

Risks/Discomfort: There are no physical or mental risks associated with this study. The gel used in the measurement cap on your head is non-allergenic and non-irritant, but can sometimes be sticky and potentially cause minimal discomfort. The overall test takes slightly less than an hour, including equipment calibration, 37 minutes watching the films, and the final questionnaire.

Confidentiality: Your participation in this study is entirely voluntary and you may refuse to complete the study at any point during the experiment, or refuse to answer any questions with which you are uncomfortable. The gathered data and all recordings will only be used for the purpose of this study. Your name will never be connected to your results or to your responses; instead, a number will be used for identification purposes. Information that would make it possible to identify you or any other participant will never be included in any sort of report that follows this study.

I have read the above information. I have asked any questions I had regarding the experimental procedure, and they have been answered to my satisfaction.

I agree to participate in this study.

Name and Surname: _____

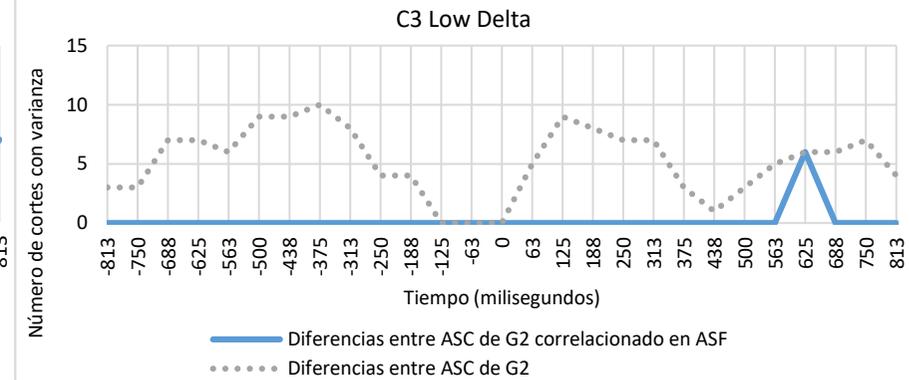
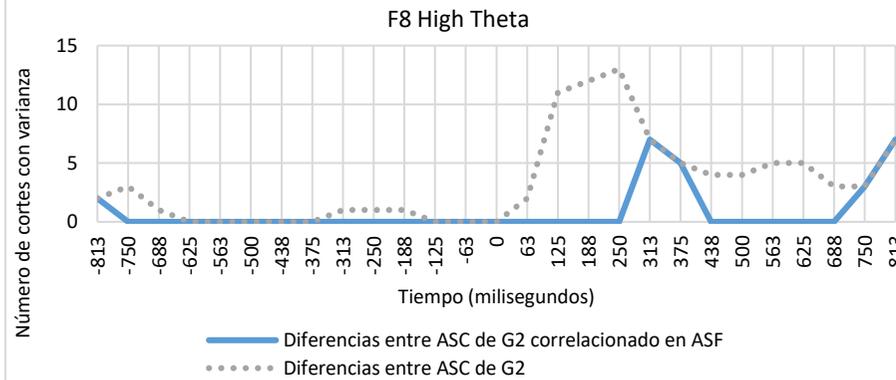
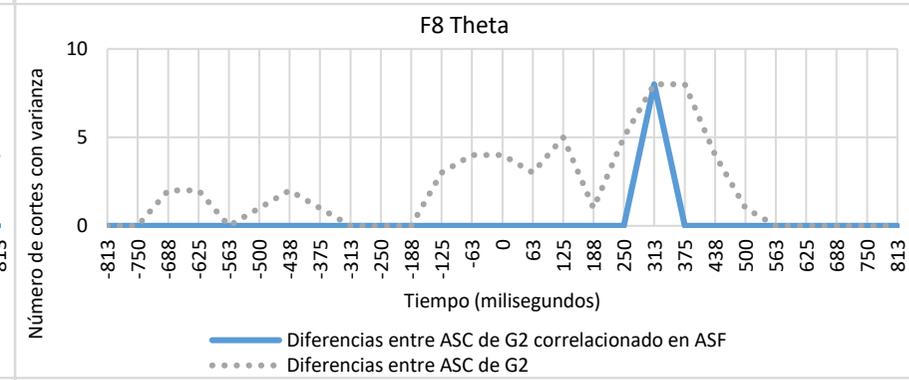
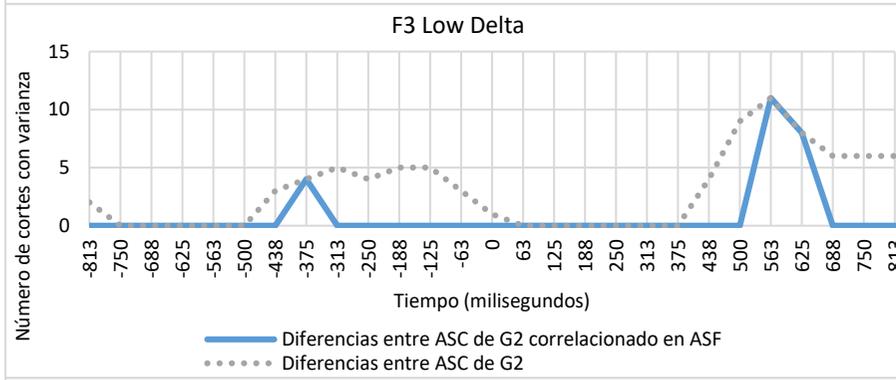
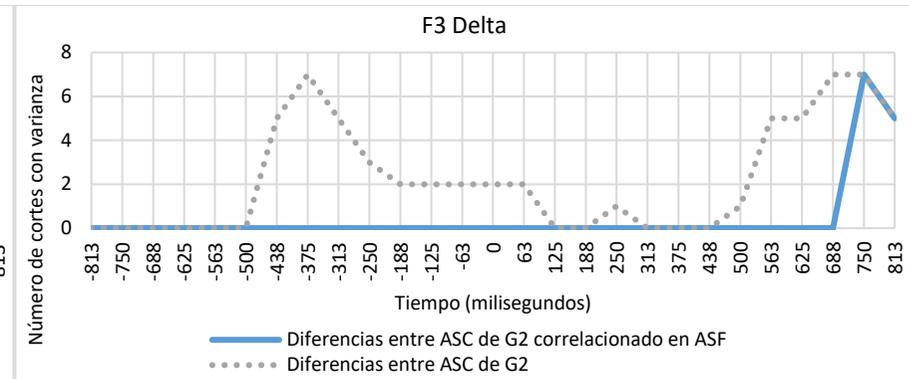
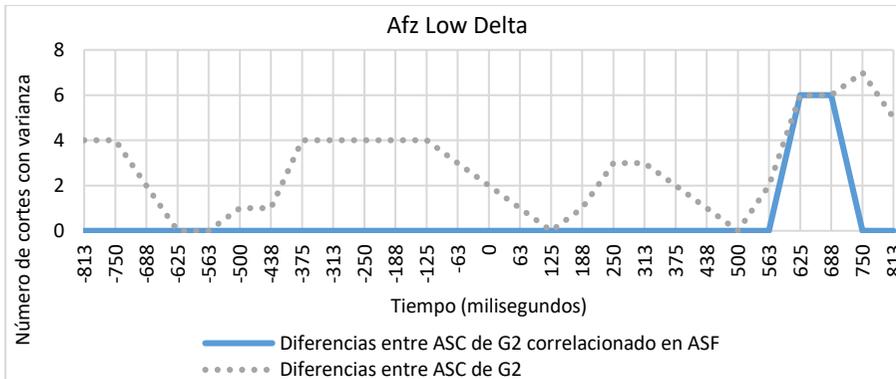
Date: _____

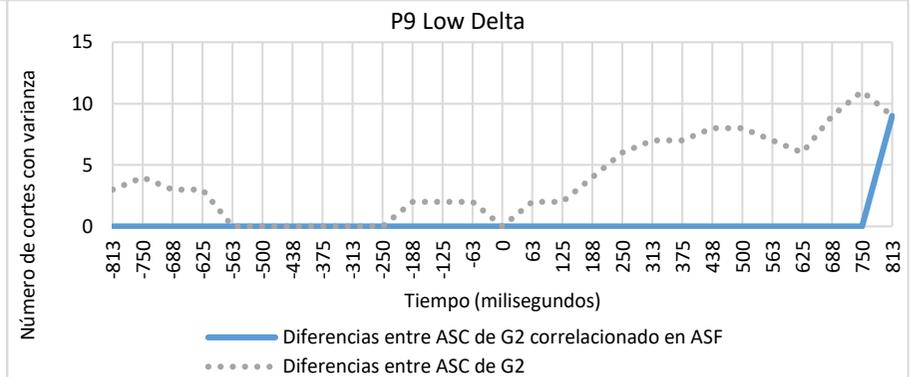
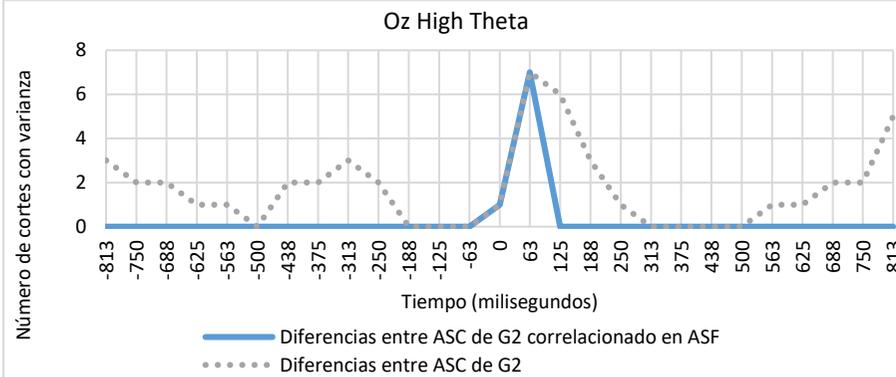
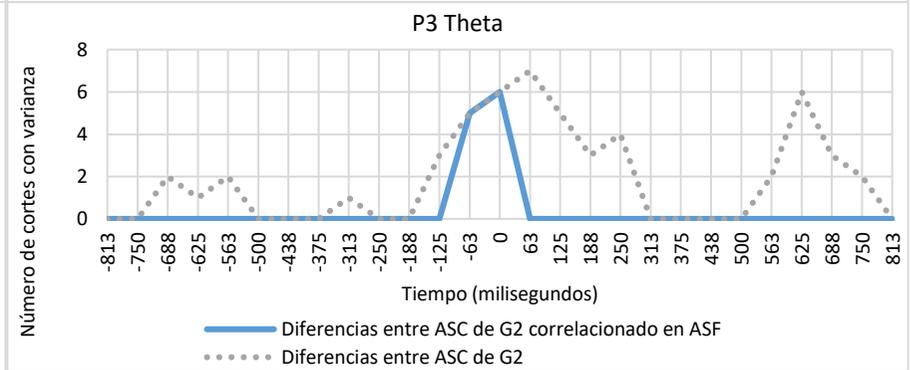
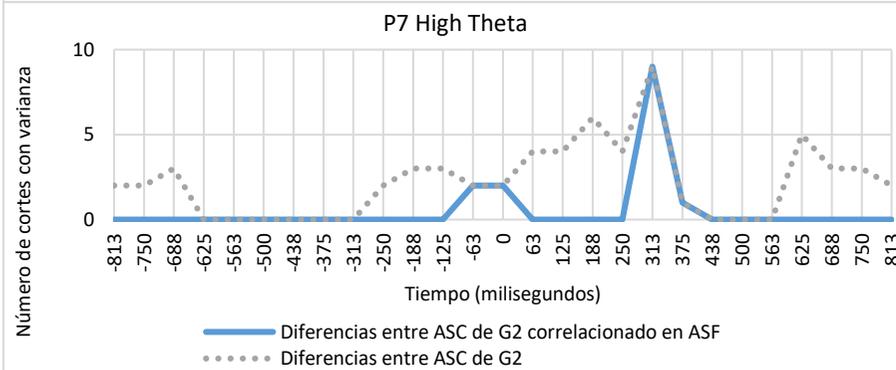
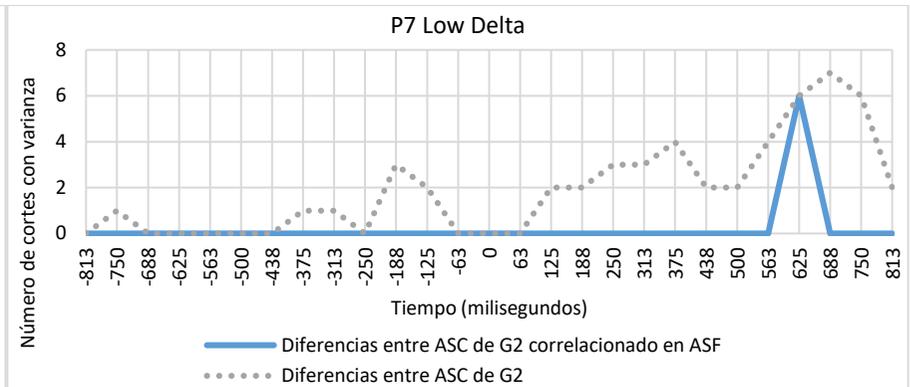
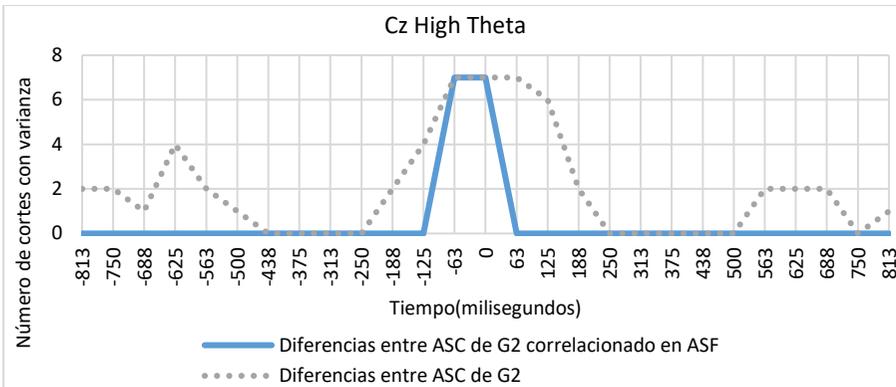
Signature: _____

Thank you for your participation!

Anexo 4 – Desglose de las acumulaciones de varianza entre ASC por electrodos y bandas de frecuencia

En este anexo se adjuntan gráficas que representan la cantidad de varianzas entre tipos de ASC divididos por banda de frecuencia, electrodo y clasificación taxonómica (G1 o G2). En cada grafica se representa la densidad de distribución de las varianzas entre tipos de corte detectadas con línea punteada, y con línea continua cuántas de estas varianzas se corresponden con dependencias de reacción neuronal ante el corte. La dependencia de reacción neuronal se calcula por medio del test de permutaciones y Spearman sobre los ASF comparando entre los diferentes clips visionados, tal como se explica en el apartado 4.3.





Anexo 5 – Desglose de los electrodos y bandas de frecuencia que detectan diferencias entre categorías de corte para G2

Es este anexo se adjuntan las tablas donde se reflejan los resultados de proceder a la identificación y descripción por electrodo y banda de frecuencia de entre que categorías pertenecientes a la taxonomía G2 se producen diferencias en la reacción neuronal del espectador debido al tipo de cambio de plano por corte.

Electrodos que muestran diferencias entre categorías de G2 y mantienen correlación entre los fragmentos filmicos entre 0 y 125 ms.

	Primer plano a primer plano	Plano medio a Plano medio	Plano general a plano general	Cualquiera a Primer plano	Cualquiera a Plano general	Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	Variación de $\alpha < 30$	Variación de $\alpha \geq 30$
Primer plano a primer plano									
Plano medio a plano medio									
Plano general a plano general	Cz/Oz	Cz							
Cualquiera a primer plano		P3	Cz						
Cualquiera a plano general			Oz						
Primer plano o plano medio a plano entero o plano general			Cz/Oz	P3					
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio		Oz	P3/Cz	P3					
Variación de $\alpha < 30$			Cz/Oz						
Variación de $\alpha \geq 30$			P3/Cz/Oz	P3					

Nota. En rojo se indican los electrodos detectados en la banda de frecuencia **High Theta** y en **negro** los detectados en Theta.

Electrodos que muestran diferencias entre categorías de G2 y mantienen correlación entre los fragmentos filmicos entre 250 ms y 375 ms.

	Primer plano a primer plano	Plano medio a plano medio	Plano general a plano general	Cualquiera a primer plano	Cualquiera a plano general	Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	Variación de $\alpha < 30$	Variación de $\alpha \geq 30$
Primer plano a primer plano									
Plano medio a plano medio									
Plano general a plano general	F8								
Cualquiera a primer plano		P7	F8						
Cualquiera a plano general	F8	F8/P7	F8/F8	F8					
Primer plano o Plano medio a plano entero o plano general	F8		F8/F8	F8					
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	P7		F8	P7	P7	P7			
Variación de $\alpha < 30$				P7	F8/P7	F8			
Variación de $\alpha \geq 30$			F8				P7		

Nota. En rojo se indican los electrodos detectados en la banda de frecuencia **High Theta** y en **negro** los detectados en Theta.

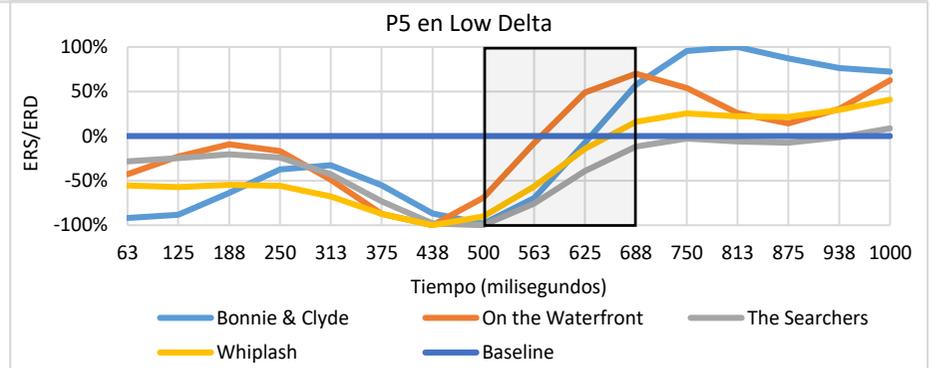
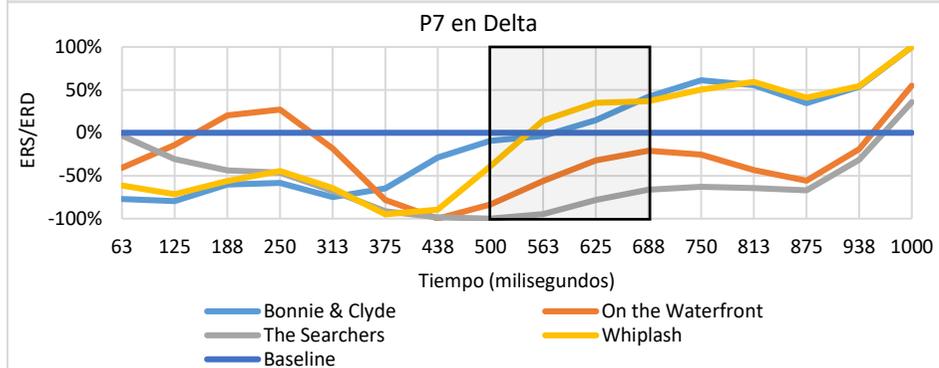
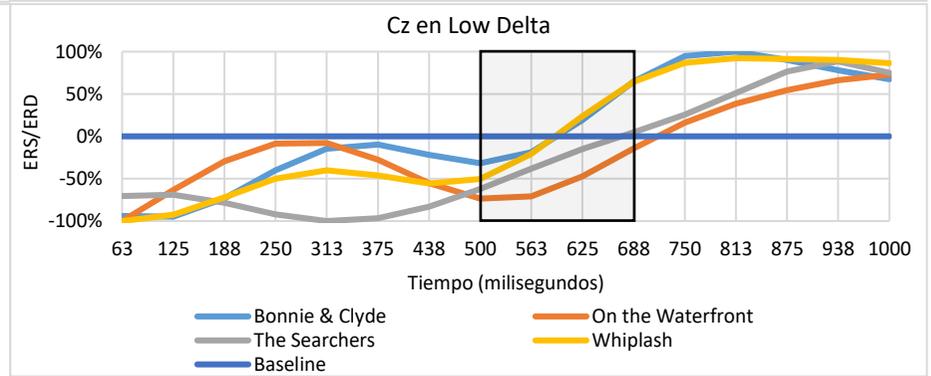
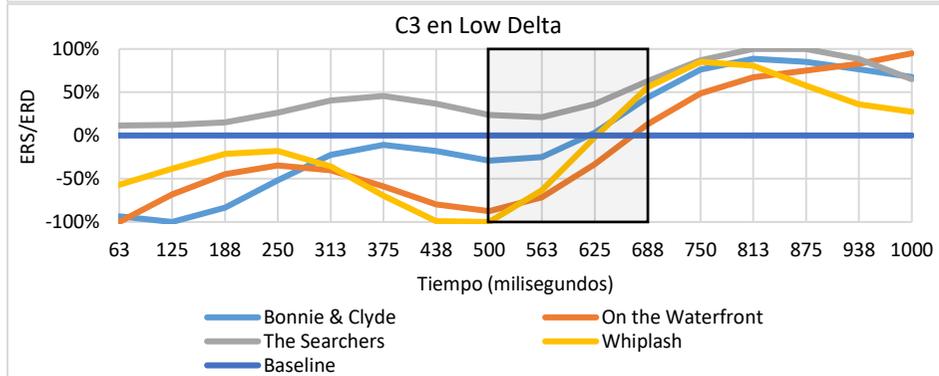
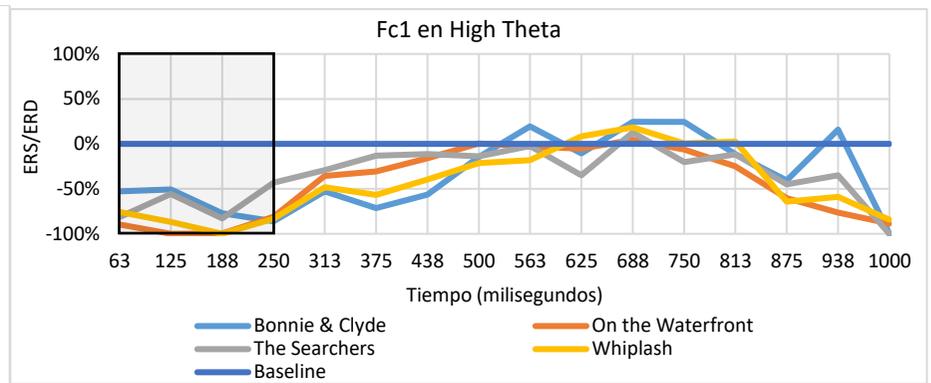
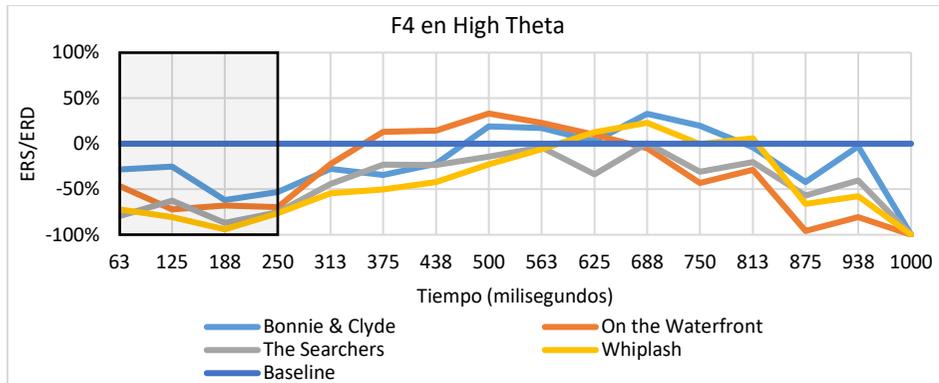
Electrodos que muestran diferencias entre categorías de G2 y mantienen correlación entre los fragmentos filmicos entre 500 ms y 1000 ms.

	Primer plano a primer plano	Plano medio a plano medio	Plano general a plano general	Cualquiera a primer plano	Cualquiera a plano general	Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	Variación de $\alpha < 30$	Variación de $\alpha \geq 30$
Primer plano a primer plano									
Plano medio a plano medio									
Plano general a plano general	F8/F3	F3							
Cualquiera a primer plano			F8/F3/P9						
Cualquiera a plano general	F3	F8/F3/P7/P9	F8/F3/Afz/F3/C3/P7/P9						
Primer plano o plano medio a plano entero o plano general	Afz/F3/P7	F3/P7/P9	F8/Afz/F3/C3/P7/P9	P7					
Plano entero o plano general a primer plano o plano medio	F3	F3/P9	F8/F3/Afz/F3/P9		C3	C3			
Variación de $\alpha < 30$			F3/C3		Afz	Afz			
Variación de $\alpha \geq 30$	F3	P9	F8/F3/Afz/F3/C3/P9						

Nota. En rojo se indican los electrodos detectados en la banda de frecuencia **High Theta**, en verde los detectados en **Delta** y en azul los detectados en **Low Delta**.

Anexo 6 – Desglose del ERD/ERS para los diferentes electrodos con comportamiento relacionado en ASF

Es este anexo se adjuntan las gráficas ERD/ERS de todos los electrodos que se detecta reaccionan ante el corte de forma relacionada en los ASF. Las relaciones que se producen son entre 0 ms y 250 ms para los electrodos F4 con Fc1 en la banda de frecuencia High theta y entre 500 ms y 688 ms los electrodos C3 (Low Delta) con el Cz (Low Delta) y P7 (Delta) con el P5 (Low Delta).



**Anexo 7 – Desglose del ERD/ERS para los diferentes
electrodos con comportamiento relacionado en ASC
agrupados por G1 y G2**

Es este anexo se adjuntan las gráficas ERD/ERS de todos los electrodos en los que se detectan reacciones ante el corte de forma relacionada debido al cambio de plano por corte y muestran poca variación entre los ASC de G1 o G2. En la cabecera de cada gráfica se especifica el electrodo, banda de frecuencia, tipo de corte y grupo de clasificación (G1 o G2). Entre 500 ms y 688 ms actúan de forma sincronizada para G1 los electrodos C3 (Low Delta) con Cz(Low Delta), Cz(Low Delta) con P7(Low Delta) y P7(Delta) con P5(Low Delta). En G2 se detecta detectamos relación entre 562 ms y 688 ms entre los electrodos C3 y Cz (Low Delta).

