

## Metodología para el estudio neurocinemático del cambio de plano por corte a través del electroencefalograma

### *Methodology for the Neurocinematic Analysis of the Shot Change by Cut through the Electroencephalogram*

**Javier Sanz-Aznar.** Universidad de Barcelona (España)

Graduado en Cine y Medios Audiovisuales (mención en dirección, ESCAC) y doctor en Comunicación Audiovisual (Aproximación neurocinemática al corte como articulador fílmico). Profesor de Teoría de la Imagen en la Universidad de Barcelona. Es codirector del film *Puzzled love*, y director del largometraje *Lejos de la orilla*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9837-761X>

**Lydia Sánchez-Gómez.** Universidad de Barcelona (España)

Dra. en Filosofía (Stanford University). Profesora agregada en Comunicación Audiovisual en la Facultad de Información y Medios Audiovisuales de la Universidad de Barcelona. Es investigadora del Grupo de investigación consolidado DHIGECs, y forma parte del grupo de innovación consolidado In-COMAV.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7814-0087>

**Luis Emilio Bruni.** Aalborg University (Dinamarca)

Ph.D en *Molecular Biology and Theory of Science* (University of Copenhagen). Profesor del departamento *Architecture, Design and Media Technology* (Aalborg University). Presidente de *Nordic Association for Semiotic Studies*, miembro fundador de *International Society for Biosemiotic Studies* y directivo en *Association for Research in Digital Interactive Narratives*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3019-5043>

Artículo recibido: 15/10/2020 – Aceptado: 25/11/2020

#### **Resumen:**

El objetivo de este artículo es exponer el planteamiento metodológico para desarrollar un estudio neurocinemático del cambio de plano por corte. Concretamente, el estudio se realiza mediante el análisis del *event-related desynchronization/synchronization* del electroencefalograma registrado sobre espectadores. Se parte desde una perspectiva general describiendo las implicaciones de aplicar las metodologías neurocinemáticas al análisis fílmico, para finalizar con las peculiaridades que implica nuestra investigación. En nuestro caso trabajamos a partir de fragmentos cinematográficos extraídos de largometrajes ya existentes, realizamos un registro neuronal con 31 electrodos y

aplicamos un análisis estadístico basado en el test de permutaciones, el test de correlación de Spearman y el análisis de pendientes sobre la señal registrada transformada al dominio de la frecuencia.

**Palabras clave:**

Neurocinemática; Corte; Montaje; Electroencefalograma; Metodología

**Abstract:**

*The objective of this paper is to present a methodological approach to develop a neurocinematic study of the plane change by slice. Specifically, the study was carried out by analyzing the event-related desynchronization/synchronization of the electroencephalogram recorded on spectators. It starts by describing the implications of applying neurocinematic methodologies to film analysis, and finalizes with the peculiarities that our research implies. In our case we work from film fragments extracted from existing feature films, we carry out a neural record with 31 electrodes and apply a statistical analysis based on the permutations test, the Spearman correlation test and the analysis of slopes on the transformed registered signal to the frequency domain.*

**Keywords:**

Neurocinematics; Cut; Edition; Electroencephalogram; Methodology

**1. Introducción**

Deleuze (1984; 1985) especifica que el cine no se limita a reproducir una realidad filmada que evoluciona en un tiempo físico coincidente, sino que modifica las distancias y posiciones de los cuerpos que conforman la filmación y altera el devenir temporal de lo real. Estas rupturas que superan el simple registro de una realidad filmada se producen principalmente en el cambio de plano por corte, y en la conjunción de estos cortes, conformando la experiencia espacio-temporal fílmica articulada bajo el concepto de montaje.

El estudio y análisis del cambio de plano por corte es uno de los aspectos que más ha ocupado a los teóricos y técnicos cinematográficos a lo largo de la historia del cine (Eisenstein, 1949; Burch, 1969; Murch, 1995), convirtiéndose hoy en día en uno de los principales focos de atención de los recientes estudios neurocinemáticos (Smith y Henderson, 2008; Heimann et al., 2016; Andreu-Sánchez et al., 2018). El surgimiento del ecologismo cognitivo cinematográfico (Anderson, 1998) sirvió de base teórica para que apareciera el análisis neurocinemático (Hasson et al., 2008), reconduciendo el análisis del film a la posibilidad de conocer cómo reacciona biométricamente el espectador ante diferentes inputs cinematográficos. Este nuevo enfoque, además de permitir una vía de descubrimiento, implica una revisión profunda del conocimiento cinematográfico existente, ya sea para validarlo o para matizarlo. Por ejemplo, resulta interesante la investigación desarrollada por Calbi y su equipo (Calbi et al., 2017), buscando entender con mayor profundidad la teoría cinematográfica del efecto Kuleshov (Kuleshov, 1934), o Smith (2005) proponiendo una explicación cognitiva del concepto técnico de *corte en movimiento*.

Para nuestro estudio nos interesamos en analizar la construcción fílmica que se produce en el cambio de plano por corte, específicamente en el considerado corte en continuidad. Elegimos este tipo de cambio de plano ya que es el menos evidenciado en la percepción del espectador, resultando de especial interés el conocer qué procesos neuronales se desencadenan para generar una sensación de continuidad a partir de un material visual discontinuo. Como abordamos nuestra investigación desde una metodología neurocinemática, realizamos nuestro análisis a través del estudio del *Event-Related Desynchronization/Synchronization* (ERD/ERS) del electroencefalograma (EEG) registrado en espectadores que observan cambios de plano por corte. Esta forma de análisis a través de ERD/ERS nos permite conocer cómo evolucionan las excitaciones e inhibiciones neuronales en el cerebro del espectador como consecuencia del corte, conociendo así los procesos cognitivos que se desencadenan.

En el presente artículo realizamos una descripción detallada de la metodología desplegada para realizar la investigación. El proceso metodológico puede servir de base para realizar estudios neurocinemáticos basados en diferentes técnicas de medición biométrica, así como también para diseñar un experimento que analice otros aspectos cinematográficos concretos diferentes al cambio de plano por corte.

## **2. Diseño del análisis fílmico centrado en el cambio de plano**

Tal como dicen Aumont y Marie, "[...] 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." (1988, p. 111). Si deseamos realizar un análisis cinematográfico en profundidad, la única forma en la que podemos conseguirlo es definiendo con claridad unos límites técnicos que hagan asumible desarrollarlo. Por ello, resulta importante definir el universo cinematográfico abordado y el aspecto a estudiar.

Al mismo tiempo, tal como afirman Casetti y di Chio: "[...] del mismo modo que no existe una teoría unificada del cine, no se puede proporcionar ningún modelo universal de análisis del film" (1990, p. 12). Por lo que también resulta de gran importancia establecer la base teórica sobre la que se va a construir la metodología de investigación antes de abordar el análisis.

### *2.1. Límites del universo analizado*

Para realizar nuestra investigación nos centramos en el cine de ficción, que Plantinga (1997) define como aquel que depende de la imaginación y voluntad del creador, frente al cine de no ficción, donde la asociación a la realidad resulta independiente al narrador a pesar de necesitar de la intervención del sujeto creador. Además, nos centramos en el cine de imagen real, descartando aquel que responde a unas técnicas de filmación "[...] que precinden de la reproducción mecánica de la realidad fenoménica, así como, en casos extremos, de la utilización misma de la cámara" (Rondolino, 1974, p. 15).

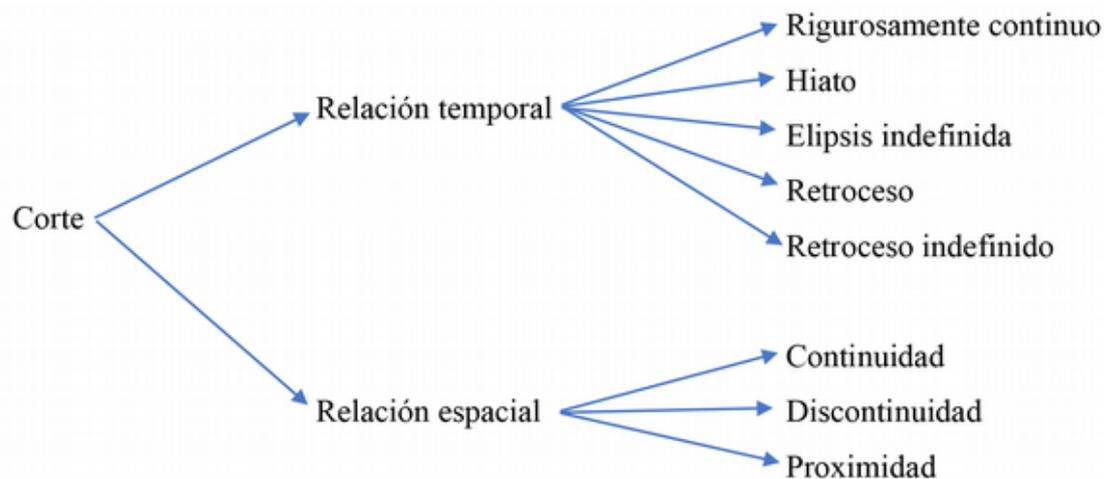
Dentro del universo de cine de imagen real y ficción, nos limitamos al estudio del modo de representación instucional (MRI) definido por Burch (1987). Tomamos este modo de representación debido a que la articulación de los planos a través del corte cumple una intención narrativa y dramática, a diferencia del ensamblaje de vistas del modo de representación primitivo (MRP). También descartamos todos los films correspondientes a la época de cine mudo, al considerar que la forma de articulación entre planos se termina de conformar con la posibilidad física y técnica de añadir una banda sonora sincrónica al negativo (Bordwell y Thompson, 1995).

Al mismo tiempo, dentro de las posibilidades del cambio de plano por corte existentes, nos centramos en aquellos modelos que pasan más desapercibidos para el espectador, resultando los menos evidenciados a un nivel consciente. De esta forma pretendemos ahondar en la naturaleza más esencial del cambio de plano por corte, abordándolo como una brecha cognitiva que nuestro cerebro es capaz de procesar sin necesidad de elevarlo al plano de la consciencia del espectador (Smith, 2005).

Según Burch (1987), las tipologías de cortes se basan en la relación espacial y temporal entre el plano saliente y el plano entrante. De esta forma establece la clasificación que podemos observar en la Figura 1:

**Figura 1**

*Tipos de corte según Burch*



Dentro de las taxonomías definidas por Burch, nos interesa en cuanto a la relación temporal los tipos hiato y rigurosamente continuo, y en cuanto a la relación espacial los tipos continuidad y proximidad. 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 visual. 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. Con respecto a

la continuidad espacial, un corte en continuidad se produce cuando el plano siguiente representa un espacio que ya hemos visto en el anterior de forma total o parcial, mientras que un corte en proximidad es, cuando no siendo un corte en continuidad espacial, sí que se intuye que el espacio está colindante con este.

Otra aproximación taxonómica del cambio de plano por corte es la que realiza Amiel (2001). En base a su clasificación nos interesan las dos tipologías que engloba dentro del montaje en *racord*, que son 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 filmico una continuidad prácticamente coincidente con el tiempo en el que se narra el relato. 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. 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.

**Tabla 1**

*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	Continuidad
	Hiato	Proximidad
Montaje articulado	Hiato	Continuidad
		Proximidad

Como puede verse en la Tabla 1, las clasificaciones establecidas por Burch y Amiel no son excluyentes, sino que son diferentes agrupaciones que buscan establecer un conjunto taxonómico que defina aquellos planos que mantienen un espacio-tiempo virtual que el espectador perciba bajo una sensación de continuidad. El tipo de cortes descritos en base a las propuestas de Burch y Amiel son los escogidos para realizar nuestro estudio.

## 2.2. Enfoque teórico del análisis

Nuestro análisis se encuadra dentro de los estudios neurocinemáticos. Nos centramos en la realización de mediciones biométricas del espectador ante el estímulo cinematográfico planteado, en este caso el cambio de plano por corte. A partir de los datos registrados podemos extraer conclusiones sobre la propia naturaleza cinematográfica del estímulo. Esta base metodológica pone al espectador en el centro del estudio, analizando el film y sus diferentes recursos cinematográficos en función de

cómo afecta, de forma concreta y medible, al espectador que realiza el visionado. Una ventaja añadida a esta metodología es que obtenemos datos cuantitativos objetivos sobre las reacciones del espectador, pudiendo obtener conclusiones con un respaldo científico.

La base teórica de la neurocinemática se encuentra en el ecologismo cognitivo cinematográfico propuesto por Anderson (1998), que tiene su origen en la corriente naturalista de Bordwell y Carroll (Bordwell, 1989; 1985; Carroll, 1988). La propuesta del ecologismo cognitivo cinematográfico se fundamenta en que el cine es un estímulo más de la realidad, por lo que el cerebro procesa lo que sucede en la pantalla de la misma forma que procesaría la propia realidad, a pesar de que en el espectador exista un nivel de consciencia que comprenda que todo lo que está visionando no es real. Anderson expone que el cine induce a una mayor inmersividad que el resto de las artes debido a la gran cantidad de estímulos auditivos y visuales con evolución temporal que debe procesar al cerebro. Concretamente, la necesidad de procesar de forma rápida los procesos cognitivos asociados a los inputs que van evolucionando en el tiempo reduce la dedicación a procesos más reflexivos, como es tener presente que los hechos suceden en una película y no en la realidad, aumentando de esta forma la sensación de inmersividad. Carroll y Seeley (2013) ahondan en esta propuesta exponiendo que, no solo se percibe el cine como una realidad, sino que la naturaleza de los inputs fílmicos ordenados, categorizados y estructurados, implican que los procesos cognitivos sean más efectivos que ante la propia realidad, caótica, desordenada y sin estructurar. A esta condición la llamaron *uncluttered clarity*.

La neurocinemática parte de esta base teórica y busca detectar y dar sentido a los procesos neuronales que se desencadenan ante los diferentes estímulos cinematográficos. Para lograr su objetivo, existen diferentes formas de recopilar las mediciones biométricas del espectador. Principalmente se aborda desde el electroencefalograma (Heimann et al., 2016), el escáner cerebral (Ben-Yakov y Henson, 2018) y el movimiento ocular (Smith, 2013). Existen otros tipos de mediciones que pueden ser aplicados, pero a día de hoy no son tan frecuentes al no haberse mostrado muy efectivos por sí solos. Diferentes posibilidades de mediciones biométricas pueden ser la percepción de variaciones en el rostro (Hubert y de Jong-Meyer, 1990), medición de la frecuencia cardíaca (Palomba et al., 2000), la frecuencia respiratoria (Gomez et al., 2005) o la variación de la actividad electrodérmica (Westerink et al., 2008).

Dentro de las diferentes formas que permiten tomar mediciones biométricas hay una diferencia principal entre el electroencefalograma y la resonancia magnética, que captan de forma directa a la actividad neuronal, y el resto de mediciones, que reflejan consecuencias de los procesos neuronales. Por ello, a pesar de que el estudio de los movimientos oculares y los parpadeos se muestra una vía de acceso de gran efectividad, para nuestra investigación escogemos herramientas que nos permiten tener acceso directo a los procesos neuronales.

Las técnicas que acceden de forma directa a la actividad neuronal se dividen entre espaciales y temporales (Díaz, 2008). La resonancia magnética es una técnica espacial, ya que sirve para localizar en detalle las zonas que se excitan e inhiben ante el estímulo estudiado. Por otro lado, el electroencefalograma se considera una técnica temporal, ya que tiene una mayor precisión en milisegundos al registrar las respuestas neuronales.

Para analizar el cambio de plano por corte nos resulta de especial interés la precisión temporal, ya que es un estímulo muy específico en su ubicación temporal, y debido al desarrollo del film, viene precedido de una gran cantidad de estímulos que requieren procesos neuronales ajenos a nuestro objeto de estudio.

Entre todas las opciones que nos permite el análisis del electroencefalograma escogemos el estudio del *Event-Related Desynchronization/Synchronization* (ERD/ERS). Esta metodología de análisis estudia la variación que se produce en el dominio de la frecuencia de la señal registrada por el EEG. Al estudiar las variaciones en la frecuencia podemos detectar con precisión temporal las inhibiciones (ERD) o excitaciones (ERS) que se producen en el cerebro. Estas variaciones podemos localizarlas espacialmente en función del electrodo específico donde se produce y frecuencialmente según en qué rango se detecte (alpha, beta, gamma, delta o theta).

El análisis ERD/ERS es habitual en los estudios neurocinemáticos, entre los que podemos destacar los experimentos dirigidos por Heimann (Heimann et al., 2016; Heimann et al., 2014). En un primer experimento analizaron el nivel de inmersividad producido mediante diferentes técnicas de aproximar la cámara a lo filmado (Heimann et al., 2014), y en un segundo experimento se centraron en cómo afecta al espectador un corte que implique salto de eje (Heimann et al., 2016).

### **3. Diseño del experimento: Materiales, métodos y análisis de resultados**

El experimento implica el diseño de cómo se van a registrar las mediciones biométricas en el espectador y la preparación de aquellos materiales que sirven para analizar los inputs deseados. Esta preparación está directamente relacionada con cómo se van a analizar los resultados, ya que podemos tener necesidades específicas que debemos prever en el registro biométrico y la selección del material audiovisual.

#### *3.1. Materiales*

Para preparar los materiales que supondrán los inputs que deseamos analizar existen dos opciones principalmente. Podemos tomar fragmentos de material audiovisual ya existente, como por ejemplo películas (Costa et al., 2006; Krause et al., 2000), o podemos filmar de propio material audiovisual que contenga los inputs a analizar (Heimann et al., 2014; Andreu-Sánchez et al., 2018). En el caso de tomar material ya existente podemos optar por seleccionar un fragmento tal cual está en el original (Krause et al., 2000) o manipularlo para hacerlo más adecuado a la finalidad de nuestro experimento (Costa et al., 2006).

La ventaja de analizar material filmado de propio para el experimento es que podemos filmar la misma puesta en escena y que la única variación entre diferentes clips sea el input a estudiar. Un ejemplo sería filmar una persona realizando la misma acción mediante diferentes formas de acercar la cámara a lo filmado (Heimann et al., 2014). Este planteamiento facilita el análisis de resultados, ya que asumimos que las variaciones entre los registros neuronales ante los diferentes materiales expuestos se deben al único elemento variable, que es el aspecto que deseamos estudiar. Como

contrapartida este sistema no permite realizar un análisis fílmico en sí mismo, ya que no estamos analizando un film real.

En cuanto al uso de fragmentos extraídos de material audiovisual ya existente, hay una indudable diferencia de calidad y, sobre todo, de efectividad modificando la afectividad del espectador. Por ello, este tipo de material es el utilizado principalmente en experimentos orientados a estudiar las emociones inducidas en el espectador (Costa et al., 2006; Krause et al., 2000). En los estudios cuya finalidad es analizar la emocionalidad no es tan importante los aspectos técnicos concretos, sino que prima la efectividad emocional conseguida a través de la articulación de los diferentes recursos cinematográficos. Es decir, se analiza cómo un conjunto de inputs afectan de forma concreta en el espectador.

Debido a la naturaleza del material audiovisual, el material filmado de propio para el experimento resulta más adecuado para analizar una característica concreta del medio cinematográfico, mientras que el material extraído de películas ya existentes resulta más práctico para analizar el efecto de un conjunto de inputs sobre el espectador. Sin embargo, en nuestro experimento queremos analizar un aspecto técnico concreto, como es el cambio de plano por corte, sin renunciar a realizar el experimento a partir de materiales extraídos de películas cinematográficas reales. Concretamente nos interesan fragmentos extraídos de películas sin realizar modificación alguna, manteniendo los fragmentos tal como se diseñaron para su visionado cinematográfico. Por ello nos surgen una serie de condicionantes que debemos resolver en un primer momento en la selección de los materiales y posteriormente en el análisis de los resultados.

Al utilizar fragmentos audiovisuales reales, el evento del corte está entrelazado con una diversa variedad de inputs, por lo que tenemos que ser capaces de diferenciar aquellas reacciones neuronales consecuencia del input objeto de estudio del resto. Por ello, en el análisis de resultados debemos poder diferenciar aquellas reacciones neuronales coincidentes tras el cambio de plano mediante comparaciones entre los registros electroencefalográficos correspondientes a diferentes cortes en diferentes contextos estéticos y técnicos. En consecuencia debemos realizar nuestro experimento utilizando varios films que supongan diferentes naturalezas estéticas y técnicas. Optamos por seleccionar fragmentos correspondientes a los films *Bonnie & Clyde* (Penn, 1967), *Centauros del desierto (The Searchers)*, Ford, 1956), *Whiplash* (Chazelle, 2014) y *La ley del silencio (On the Waterfront)*, Kazan, 1954). En la Tabla 2 podemos ver las diferencias técnicas y estéticas que nos han llevado a realizar la selección indicada.

**Tabla 2**

*Características técnicas y estéticas diferenciales entre los diferentes fragmentos.*

Película	Color o B&N	Características destacables	Ratio rítmico <sup>a</sup>	Valor narrativo <sup>b</sup>	Estética <sup>c</sup>	Estilo fílmico <sup>d</sup>
<i>Bonnie &amp; Clyde</i>	Color	Ritmo final muy picado. Contiene planos	27,24	Punto de inflexión. Conflicto	Moderna	Transición

		a cámara lenta. Tendencia a un montaje fragmentado.		fuerte.		
<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. <sup>a</sup> Promedio de cortes por minuto contenidos en el fragmento.

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

<sup>c</sup> Estilo de iluminación (Revault D'Allonnes, 1991).

<sup>d</sup> Estilo cinematográfico (Bordwell, 1985; Langford, 2009; Thanouli, 2009).

### 3.2. Registro del electroencefalograma

Para realizar nuestro experimento registramos el electroencefalograma de espectadores mientras observan fragmentos audiovisuales que contienen cambios de plano por corte. Para ello disponemos del laboratorio *Augmented Cognition Lab*, de la Aalborg University en su sede *Technical Faculty of IT and Design* localizada en Copenhague. Este laboratorio dispone del equipo necesario para poder emitir estímulos audiovisuales de forma síncrona a un registro electroencefalográfico.

La reproducción de los clips de video se ejecuta mediante el software *Unity* en el ordenador principal, mientras el registro del electroencefalograma se realiza en el ordenador secundario con el entorno *Simulink*<sup>1</sup> del software *MatLab*. La reproducción de los clips audiovisuales se produce en orden aleatorio, para que un orden constante no suponga un condicionante en los resultados.

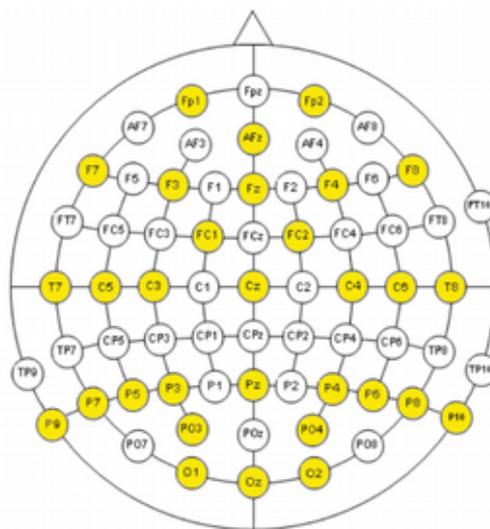
<sup>1</sup> *Simulink* es una aplicación del entorno *MatLab* que permite la simulación de modelos o sistemas por medio de diagramas de bloques. Por medio de *Simulink* se realiza un primer procesado y filtrado de la señal electroencefalográfica registrada.

Para poder establecer una comunicación sincronizada, la información se envía en tiempo real desde el ordenador principal al secundario a través del protocolo *User Datagram Protocol Network*<sup>2</sup>. Este sistema nos permite coordinar *Unity* con *MatLab*, realizando un registro con indicadores de sincronía. Estos indicadores que aparecen sobre el registro del electroencefalograma identifican el clip de video, marcan el inicio y final del clip y también localizan dónde se produce un cambio de plano por corte.

El registro del electroencefalograma se realiza mediante 31 electrodos dispuestos en el cuero cabelludo, siguiendo la convención internacional de la *American Electroencephalographic Society* en el sistema 10-20 para EEG-MNC (American Electroencephalographic Society, 1991). En la Figura 2 puede observarse la disposición concreta de los electrodos.

**Figura 2**

*Distribución de los electrodos mostrado en un mapeado craneal siguiendo el sistema internacional 10-20 para EEG-MNC<sup>3</sup>*



El muestreo del electroencefalograma se tomó a 256 SPS<sup>4</sup> y la señal es amplificada mediante dos dispositivos g.Tec g.Gammabox<sup>5</sup> que se conectan a otros dos dispositivos

<sup>2</sup> Protocolo de transporte de información en red basado en datagramas que contienen cabezales con suficiente información como para evitar problemas de retardo.

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> El muestreo registrado por el electroencefalograma o *sampling rate* se mide en muestras por segundo. Esta medición se indica como SPS (*samples per second*).

<sup>5</sup> Amplificador de la señal procedente de los electrodos, diseñado por *Guger Technologies Medical Engineering* (Ganz, Austria).

g.Tec g.USB Amp<sup>6</sup>, de 16 canales cada uno. Para poder conectar 31 electrodos se conecta cada pareja de dispositivos, siendo un maestro y otro esclavo, permitiendo de esta forma un máximo de 32 canales de información.

Para realizar el experimento contamos con la participación de 21 sujetos que acceden voluntariamente. Los sujetos de estudio aseguraron no sufrir ningún desorden neurológico, problema psicológico o estar bajo medicación (Estaban, 1999). También se solicitó a los sujetos de estudio que no tomaran sustancias excitantes como café o depresoras como bebidas alcohólicas, ya que podrían modificar sus procesos cognitivos (Costa y Bauer, 1997; Andrews et al., 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 cuidando de no llegar a especificaciones que pudiesen condicionar su percepción. Libremente otorgaron su consentimiento por escrito para la toma de datos y su utilización anónima sin ánimo de lucro.

### 3.3. Análisis de resultados

Una vez obtenidos los registros del electroencefalograma, el primer paso es un análisis ICA y una limpieza manual de artefactos. El análisis ICA es un proceso computacional que se aplica para aislar la actividad bioeléctrica propia de cada electrodo, mientras que los artefactos son distorsiones en la señal registrada debido, por ejemplo, a movimientos del sujeto de estudio. Tras este primer paso realizamos señales modelo para cada fragmento audiovisual, a partir de agrupar las señales procedentes de diferentes sujetos de estudio y agrupar los diferentes cortes. Este proceso se explica con más detalle en una publicación previa (Sanz-Aznar et al., 2020).

Con las señales electroencefalográficas modelo preparadas, como la finalidad del experimento es analizar las evoluciones del ERD/ERS, transformamos las señales al dominio de la frecuencia y la desglosamos en los diferentes rangos que deseamos estudiar. El desglose en bandas de frecuencia se realiza de la siguiente forma: 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. Como nos interesa también un análisis más detallado, se realiza otro desglose más minucioso: 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 gamma.

En este momento de la investigación, resulta imprescindible poder discernir aquellas partes de la señal registrada que suponen reacciones neuronales ante el cambio de plano por corte de aquellas que no lo son. Para diferenciar unas partes de otras se comparan las diferentes señales modelo correspondientes a diferentes clips audiovisuales buscando modelos de reacciones neuronales comunes. Concretamente comparamos secciones de cada señal, correspondientes a las mismas ventanas temporales de la muestra, mismas bandas de frecuencia y mismos electrodos. De esta forma, aplicando el test de permutaciones y el test de correlación de Spearman, podemos conocer en el

---

<sup>6</sup> Amplificador que conecta el g.Tec g.Gammabox con el ordenador, diseñado por *Guger Technologies Medical Engineering* (Ganz, Austria).

dominio de la frecuencia aquellas reacciones neuronales desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte. Una vez localizadas estas reacciones neuronales se realiza un análisis de pendientes para detectar todas aquellas que suponen una variación significativa en la excitación o inhibición neuronal. Este proceso estadístico que se aplicó de forma automatizada mediante el software *MatLab* se explica con detalle en la publicación previa antes mencionada (Sanz-Aznar et al., 2020).

Una vez localizadas aquellas reacciones neuronales desencadenadas por el evento de cambio de plano por corte que suponen una excitación o inhibición significativa, podemos proceder al estudio del ERD/ERS. El análisis del ERD/ERS va a mostrarnos las variaciones de la actividad neuronal en términos relativos a un estado de equilibrio o *baseline* (Klimesch et al., 1996; Doppelmayr et al., 1998). Este valor relativo se muestra en tanto por ciento y aparece en valores negativos la *synchronization* (excitación neuronal) y en valores positivos la *desynchronization* (inhibición neuronal). Concretamente analizaremos el primer segundo tras el cambio de plano por corte.

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 todos los resultados son relativos a su definición. 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. 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.

#### 4. Conclusiones

La metodología aplicada para el análisis del cambio de plano por corte resulta efectiva, ya que obtenemos resultados respaldados por otras investigaciones realizadas a través de otros sistemas de registro biométrico. Concretamente localizamos activación en el hipocampo debido al corte, tal como lo localizan Ben-Yakov y Henson (2018) a través de la resonancia magnética. En nuestro caso, al haber realizado el experimento con una técnica de medición temporal en lugar de espacial, disponemos de mayor información sobre cómo evoluciona esta activación.

Nuestra propuesta resulta novedosa, ya que permite analizar un aspecto cinematográfico concreto, como es el cambio de plano por corte, a partir de material fílmico ya existente mediante el registro del electroencefalograma. A partir de los pasos descritos, es posible superar el problema que representa tener el input concreto que se quiere estudiar en paralelo con otros inputs que pueden esconder las respuestas neuronales que buscamos. Sin embargo, con un diseño metodológico adecuado, demostramos que es posible diferenciar a partir del electroencefalograma aquellas respuestas neuronales que nos interesan de todas aquellas que nos suponen un problema.

## 5. Referencias bibliográficas

- American Electroencephalographic Society. (1991). American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8(2), 200–202. <https://doi.org/10.1097/00004691-199104000-00007>
- Amiel, V. (2001/2005). *Estética del montaje*. Alba editores.
- Anderson, J. (1998). *The reality of illusion: An ecological approach to cognitive film theory*. SIU Press.
- Andreu-Sánchez, C., Martín-Pascual, M., Gruart, A., y Delgado-García, J. (2018). Chaotic and fast audiovisuals increase attentional scope but decrease conscious processing. *Neuroscience*, 394, 83-97. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.10.025>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0091-3057\(97\)00331-6](https://doi.org/10.1016/S0091-3057(97)00331-6)
- Aumont, J., y Marie, M. (1988/2009). *Análisis del film*. Editorial Paidós Ibérica.
- Ben-Yakov, A., y Henson, R. (2018). The hippocampal film-editor: sensitivity and specificity to event boundaries in continuous experience. *bioRxiv*, 38(47), 273409. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0524-18.2018>
- Bordwell, D. (1985/1996). *La narración en el cine de ficción*. Paidós.
- Bordwell, D. (1985/2013). *Narration in the fiction film*. Routledge.
- Bordwell, D. (1989). A Case for Cognitivism. *Iris*, 9, 11-40.
- 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* (pp. 109-141). University of California Press.
- Burch, N. (1969/2004). *Praxis del cine*. Editorial Fundamentos.
- Burch, N. (1987/2006). *El tragaluz del infinito*. Ediciones Cátedra.
- Calbi, M., Heimann, K., Barratt, D., Siri, F., Umilta, 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. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01684>

- Carroll, N. (1988). Film/mind analogies: The case of Hugo Munsterberg. *Journal of aesthetics and art criticism*, 46(4), 489-499. <https://doi.org/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* (pp. 53-75). Oxford University Press.
- Casetti, F., y di Chio, F. (1990/2009). *Cómo analizar un film*. Editorial Paidós Ibérica.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0376-8716\(97\)00058-6](https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.06.039>
- Deleuze, G. (1984). *La imagen-movimiento*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
- Deleuze, G. (1985/1996). *La imagen-tiempo*. Paidós.
- 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. <https://doi.org/10.5354/0719-0581.2011.17143>
- 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. <https://doi.org/10.1023/A:1022206622348>
- Eisenstein, S. (1949a/2002). *Teoría y técnica cinematográfica*. Ediciones Rialp.
- Estaban, A. (1999). A neurophysiological approach to brainstem reflexes. Blink reflex. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 28(1), 7-38. [https://doi.org/10.1016/S0987-7053\(99\)80039-2](https://doi.org/10.1016/S0987-7053(99)80039-2)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.06.003>
- 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. <https://doi.org/10.3167/proj.2008.020102>
- 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. <https://doi.org/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. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00602](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00602)
- Hubert, W., y de Jong-Meyer, R. (1990). Psychophysiological response patterns to positive and negative film stimuli. *Biological psychology*, 31(1), 73-93. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(90\)90079-C](https://doi.org/10.1016/0301-0511(90)90079-C)
- Klimesch, W., Doppelmay, 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. <https://doi.org/10.1097/00001756-199605170-00002>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(00\)01092-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(00)01092-2)
- Kuleshov, L. (1934/1994). *L'art du cinéma et autres écrits*. L'Age d'Homme.
- Langford, B. (2009). *Post-Classical Hollywood: Film Industry, Style and Ideology since 1945: Film Industry, Style and Ideology since 1945*. Edinburgh University Press.
- 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]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/384234>
- McKee, R. (1997/2011). *El guión*. Alba Editorial.
- Murch, W. (1995/2003). *En el momento del parpadeo*. Ocho y medio.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(99\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(99)00099-9)
- Plantinga, C. (1997). *Rhetoric and representation in nonfiction film*. Cambridge University Press.
- Revault D'Allonnes, F. (1991/2003). *La luz en el cine*. Cátedra.
- Rondolino, G. (1974). *Storia del cinema d'animazione*. Einaudi.
- Sanz-Aznar, J., Aguilar-Paredes, C., Sánchez-Gómez, L., Bruni, L., y Wulff-Abrams-son, A. (2020). Methodology for Detection of ERD/ERS EEG Patterns Produced

by Cut Events in Film Fragments. *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 157-175). Springer.

Smith, T. (2005). *An Attentional Theory of Continuity Editing* [Tesis doctoral, University of Edinburgh]. <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/1076>

Smith, T. (2013). Watching you watch movies: Using eye tracking to inform film theory. En A. Shimamura, *Psychocinematics: Exploring Cognition at the Movies*. (pp. 165-191). 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. <https://doi.org/10.16910/jemr.2.2.6>

Thanouli, E. (2009). *Post-classical cinema: an international poetics of film narration*. Wallflower Press.

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. Ouwerkerk, T. Overbeek, W. Pasveer, y B. de Ruyter, *Probing experience* (pp. 149-162). Springer.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen.

**Traducción al inglés:** Jennifer García Carrizo.

#### HOW TO CITE (APA 7<sup>a</sup>)

Sanz-Aznar, J., Sánchez-Gómez, L., y Bruni, L.E. (2020). Metodología para el estudio neurocinemático del cambio de plano por corte a través del electroencefalograma. *Comunicación y Métodos - Communication & Methods*, 2(2), 5-20. <https://doi.org/10.35951/v2i2.82>