

Universidad Autónoma de Madrid

Facultad de Psicología



Universidad Autónoma  
de Madrid

Mecanismos perceptivos y atencionales del  
procesamiento de la propia cara

Tesis doctoral de  
Elisabet Rodríguez Alzueta

Directora  
Almudena Capilla

Madrid, 2019



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## TABLE OF CONTENTS

### AGRADECIMIENTOS

### LISTA DE ABREVIATURAS

### LISTA DE FIGURAS

### RESUMEN

### ABSTRACT

### **CAPÍTULO 1.** Introducción: una revisión teórica del yo desde la Neurociencia Cognitiva

1. El estudio del yo
  - 1.1. Interés en el estudio del yo
  - 1.2. El yo psicológico y el yo físico
  - 1.3. El Modelo Neural del Yo
2. El estudio de la actividad eléctrica cerebral
  - 2.1. EEG como herramienta de elección
  - 2.2. La actividad eléctrica cerebral
  - 2.3. Análisis de la actividad evocada
  - 2.4. Análisis de la actividad oscilatoria
  - 2.5. Reconstrucción de fuentes neurales
3. El procesamiento facial
  - 3.1. ¿Cómo reconocemos una cara?
  - 3.2. Estrategias perceptivas en el reconocimiento facial: dos hemisferios, dos estrategias.
  - 3.3. Paradigma de inversión facial
  - 3.4. La propia cara
4. La atención
  - 4.1. Modelo teórico de la atención
  - 4.2. El estudio de la atención a través de las oscilaciones cerebrales

## **CAPÍTULO 2.** Justificación

1. Cuestiones que deja sin resolver el Modelo Neural del Yo
2. Contribución de la presente tesis

## **CAPÍTULO 3.** Objetivos e hipótesis

## **CAPÍTULO 4.** Estudio I: El procesamiento diferencial de la propia cara

1. Introducción
2. Materiales y métodos
  - 2.1. Participantes
  - 2.2. Estímulos
  - 2.3. Registro de la señal EEG
  - 2.4. Análisis de la señal EEG
    - 2.4.1. Preprocesamiento
    - 2.4.2. Análisis de los ERPs
    - 2.4.3. Análisis estadísticos
3. Resultados
  - 3.1. Resultados conductuales
  - 3.2. Resultados de EEG
    - 3.2.1. Componente P100
    - 3.2.2. Componente N170
    - 3.2.3. Componente P200
    - 3.2.4. Componente N250
    - 3.2.5. Análisis adicionales
4. Discusión
  - 4.1. N170 y la codificación facial
  - 4.2. P200 y el procesamiento distintivo de la propia cara
  - 4.3. N250 y la familiaridad
5. Conclusión

## **CAPÍTULO 5.** Estudio II: Estrategias perceptivas en el procesamiento de la propia cara

1. Introducción
2. Materiales y métodos
  - 2.1. Participantes
  - 2.2. Estímulos

- 2.3. Registro de la señal EEG
- 2.4. Análisis de la señal EEG
  - 2.4.1. Preprocesamiento
  - 2.4.2. Análisis de los ERPs
  - 2.4.3. Análisis estadísticos
3. Resultados
  - 3.1. Resultados conductuales
  - 3.2. Resultados de EEG
    - 3.2.1. Componente N170
    - 3.2.2. Análisis adicionales
4. Discusión
  - 4.1. La inversión de la propia cara
  - 4.2. La inversión y el componente N170
  - 4.3. El componente P200 y el procesamiento distintivo de la propia cara
5. Conclusión

## **CAPÍTULO 6.** Estudio III: Mecanismos atencionales específicos del yo

1. Introducción
2. Materiales y métodos
  - 2.1. Análisis de la señal EEG
    - 2.1.1. Preprocesamiento
    - 2.1.2. Análisis de tiempo-frecuencia
    - 2.1.3. Análisis estadísticos basados en clústeres de la actividad TF
    - 2.1.4. Reconstrucción de las fuentes de actividad cerebral
    - 2.1.5. Relación entre la potencia de la banda alfa y la ejecución conductual
3. Resultados
  - 3.1. Análisis de tiempo-frecuencia
  - 3.2. Análisis de fuentes neurales
  - 3.3. Relación entre la potencia de alfa y la conducta
4. Discusión
  - 4.1. El secuestro atencional producido por nuestro propio rostro
  - 4.2. Mecanismo atencional específico del yo: ¿facilitador o distractor?
5. Conclusión

## **CAPÍTULO 7.** Discusión general

1. El procesamiento distintivo de la propia cara
2. Experiencia perceptiva y familiaridad
3. Mecanismos atencionales específicos del yo
4. Limitaciones y perspectivas futuras

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONS**

## **REFERENCIAS**

## AGRADECIMIENTOS

## ACKNOWLEDGEMENTS

El doctorado ha sido como un gran viaje vital lleno de retos, aventuras y, sobre todo, aprendizaje. Y es que un viaje de cinco años da para mucho, incluso para volver al mismo lugar donde empezaste, aunque nunca desde el mismo punto y siempre agradecida ante las nuevas oportunidades.

Gracias a todas aquellas personas que bajo su influencia, inspiración y ayuda hicieron que emprendiera esta aventura. A profesoras de la universidad como M<sup>a</sup> Ángeles Zafra, que me enseñaron a entender el cerebro con sus magníficas explicaciones y despertaron mi neurocuriosidad insaciable. A mis amigos de la carrera (Santi, Pilar, Belén, Fátima, Diana, Juan y Fran) y del máster (mis 'neurosos') por ser la mejor compañía con la que compartir inquietudes. A Juan Carlos Arango, por animarme a dar un paso más allá y enseñarme que nunca debes perder de vista la luz de tu faro. A Carmen Valenza, por darme la oportunidad de empezar a investigar y enseñarme cómo se lidera un buen equipo. Y a Miguel, por regalarme libros de ciencia que acabaron siendo puertas a otra dimensión.

Pero si hoy me encuentro en la etapa final de este viaje es gracias a aquellos que me han acompañado en él y cuya ayuda ha sido clave. Empezando por la persona que día a día se ha ganado ser un referente, mi guía en este viaje y gracias a la cual a día de hoy sigo en investigación, Almu. Gracias por abrirme tus puertas, por confiar en mí, por enseñarme tanto conocimiento, porque en cada conversación sólo puedo aprender de ti. Me siento privilegiada de haber podido trabajar a tu lado. Gracias por tu compañía y por demostrarme como la ciencia debe ser. Pero sobre todo gracias por tus valores, tu ética, tu paciencia y tu apoyo.

Soy muy afortunada por haber tenido a los mejores compañeros de viaje. Thank you so much Ole Jensen for making me feel part of your loved ones during my stay at the University of Birmingham. Thank you for your kindness, your humility and for sharing your broad knowledge with me. Gracias a Elena, Claudia y Domi por la compañía y por estar siempre dispuestas a ayudar. A Mar, por ser mi prima mayor en la ciencia y en la vida. A

Sebastian, por ser otro extraterrestre en este mundo, por su ayuda ilimitada y por nuestros dilemas sobre la inefabilidad. Y muy especialmente a María, por ser mi otro hemisferio, por crecer conmigo, por sumarme y seguirme en todos los proyectos que hemos emprendido en estos años de doctorado.

Gracias también a los entornos donde toda esta historia ha transcurrido. A la UAM por invertir en mí y permitirme ampliar mi mundo en cada congreso; al personal de la Facultad de Psicología, por hacer que todo funcione como debe hacerlo; así como a los participantes de los experimentos de esta tesis, por regalarme su tiempo y paciencia.

Por último, quisiera dar las gracias a mi familia, por apoyarme siempre de manera incondicional en todas mis decisiones y acciones. Entre ellos a Javi, mi pilar fundamental en estos años y cuyo agradecimiento superaría la extensión de esta tesis. Pero muy especialmente a mis abuelos, cuyo amor trasciende el espacio-tiempo y de los que siento su orgullo y emoción en estos momentos, aunque no hayan podido llegar hasta aquí. A ellos, que me proporcionaron el sustrato necesario para desarrollarme como persona, les dedico el aprendizaje que ha supuesto este gran viaje.



## LISTA DE ABREVIATURAS

### LIST OF ABBREVIATIONS

<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza ( <i>Analysis of variance</i> ).
<b>ANCOVA</b>	Análisis de covarianza ( <i>Analysis of covariance</i> ).
<b>CI</b>	Intervalo de confianza ( <i>Confidence Interval</i> ).
<b><i>d</i></b>	Tamaño del efecto: <i>d</i> de Cohen.
<b>DE</b>	Desviación Estándar.
<b>dmPFC</b>	Corteza prefrontal dorsomedial.
<b>dIPFC</b>	Corteza prefrontal dorsolateral.
<b>ERPs</b>	Potenciales Relacionados con Eventos ( <i>Event-Related Potentials</i> ).
<b>EEG</b>	Electroencefalografía.
<b><i>F</i></b>	Valor de la prueba F.
<b>FC</b>	Frontocentral.
<b>FFA</b>	Área fusiforme facial.
<b>FRUs</b>	Unidades de Reconocimiento Facial ( <i>Face Recognition Units</i> ).
<b>Hz</b>	Hercios.
<b>ISI</b>	Intervalo entre estímulos ( <i>Interstimulus Interval</i> ).
<b>ms</b>	Milisegundos.
<b><math>\eta^2_p</math></b>	Tamaño del efecto: eta parcial al cuadrado.
<b><i>p</i></b>	Valor de p.
<b>PINs</b>	Nodos de Identidad Personal ( <i>Personal Identity Nodes</i> ).
<b>pSTS</b>	Surco temporal superior posterior.
<b><math>r^2</math></b>	Coefficiente de determinación.
<b>fMRI</b>	Resonancia Magnética funcional ( <i>functional Magnetic Resonance Imaging</i> ).
<b>s</b>	Segundos.
<b><i>T</i></b>	Valor de la prueba t.
<b>TMS</b>	Estimulación magnética transcraneal ( <i>Transcranial Magnetic Stimulation</i> )
<b>TR</b>	Tiempos de respuesta.
<b>OFA</b>	Área occipital facial.
<b>OTD</b>	Occipitotemporal derecho.
<b>OTI</b>	Occipitotemporal izquierdo.
<b>vmPFC</b>	Corteza prefrontal ventromedial.

## LISTA DE FIGURAS

### LIST OF FIGURES

**Figura 1.** Modelo Neural del Yo.

**Figura 2.** Representación esquemática de la diferencia entre las respuestas evocadas y las inducidas.

**Figura 3.** Dinámica temporal del procesamiento de una cara y componentes de los ERPs asociados.

**Figura 4.** Procesamiento visual de una cara.

**Figura 5.** Áreas clásicamente asociadas a un déficit en el reconocimiento facial.

**Figura 6.** Estímulos experimentales y procedimiento del Estudio I.

**Figura 7.** ERPs y topografías para los componentes N170, P200 y N250 del Estudio I.

**Figura 8.** Estímulos experimentales y procedimiento del Estudio II.

**Figura 9.** ERPs y topografías para los componentes N170 y P200 del Estudio II.

**Figura 10.** Supresión de potencia en las bandas beta y alfa después de la presentación de la cara.

**Figura 11.** Localización de fuentes neurales que subyacen a los efectos tiempo-frecuencia.

**Figura 12.** Relación entre la potencia de la banda alfa en el giro fusiforme derecho y los tiempos de respuesta.

## RESUMEN

El estudio del yo ha ido ganando relevancia en los últimos años debido a su potencial impacto en la salud. Como consecuencia, están surgiendo nuevos paradigmas que aspiran a explicar cómo el cerebro procesa la información auto-relacionada. Sin embargo, la evidencia científica acumulada hasta el momento deja sin resolver dos cuestiones claves sobre cómo se lleva a cabo el procesamiento del yo: cuál es su dinámica temporal y cómo de específico es.

En consecuencia, el objetivo de esta tesis fue investigar los mecanismos perceptivos y atencionales del procesamiento del yo y, más concretamente, de la propia cara. Se buscaba con ello determinar si el procesamiento de la propia cara es realmente un fenómeno distintivo o si, por el contrario, se puede explicar simplemente por la familiaridad que tenemos con nuestro propio rostro. Para este fin, realizamos tres estudios en los que se utilizaron imágenes de caras con diferentes grados de familiaridad (yo, amigo, desconocido) mientras registrábamos la actividad cerebral de los participantes por medio de Electroencefalografía (EEG).

Nuestro primer estudio estaba centrado en determinar si el procesamiento de la propia cara es distinto del procesamiento facial general y, de ser así, en qué momento el propio rostro comienza a ser procesado de una manera particular. Tras un análisis de los datos conductuales y de los Potenciales Relacionados con Eventos (ERPs), los resultados mostraron que la propia cara conllevaba un procesamiento diferencial desde una etapa temprana, como indicaba la modulación del componente P200. Estos resultados indican que el procesamiento distintivo de la propia cara no se puede atribuir a la familiaridad, ya que tiene lugar antes de que se reconozca el rostro y, por lo tanto, antes de que se pueda determinar si es un rostro conocido. Nuestro primer estudio dejaba, sin embargo, sin resolver si los mecanismos distintivos del yo son ser de carácter perceptivo o atencional, ya que el componente P200 se ha relacionado con ambos.

Para abordar esta cuestión llevamos a cabo un segundo estudio, en que utilizamos un paradigma de inversión facial. Con él queríamos poner a prueba la idea de que el

procesamiento distintivo de la propia cara en etapas tempranas es el resultado de mecanismos perceptivos relacionados con la amplia experiencia visual que tenemos con ella. En concreto, como algunos autores habían propuesto, esperábamos que el propio rostro desencadenara una estrategia perceptiva más analítica y, como consecuencia, fuera más resistente al efecto de inversión facial. Sin embargo, nuestros resultados conductuales y de ERPs mostraron que la propia cara no presentó una mayor resistencia a la inversión, lo que sugiere que el procesamiento distintivo de la propia cara no se puede explicar por la puesta en marcha de mecanismos perceptivos distintos a los empleados durante el procesamiento facial general.

Una vez descartado que el procesamiento distintivo de la propia cara se deba al uso de una estrategia perceptiva diferente, decidimos investigar si se puede explicar por la acción de mecanismos atencionales. Para ello retomamos los datos de nuestro primer estudio y les aplicamos una serie de análisis más sofisticados que nos permitieran dar respuesta a esta pregunta. Tras un análisis de tiempo-frecuencia y de reconstrucción de fuentes, pudimos comprobar que la propia cara ponía en marcha mecanismos atencionales específicos del yo, tal y como indicaban la reducción sostenida de potencia en las bandas alfa y beta en el giro fusiforme. Este enganche atencional al que nos somete nuestro propio rostro, y al que podríamos denominar "*Efecto Narciso*", podría tener un valor adaptativo, aunque el diseño experimental de nuestro estudio no nos ha permitido corroborarlo.

En conjunto, los resultados englobados en la presente tesis doctoral evidencian que la propia cara tiene un procesamiento neural distintivo que no se puede explicar ni por la familiaridad con el estímulo ni por el uso de una estrategia perceptiva más analítica, sino por la puesta en marcha de mecanismos atencionales específicos del yo. Estos hallazgos pueden tener importantes implicaciones en el ámbito de la neuropsiquiatría, ya que el funcionamiento de los mecanismos atencionales del yo podría estar comprometido en algunos trastornos mentales.

## **ABSTRACT**

The study of the neural correlates of the self has gained increasing importance in recent years due to its potential impact on health. As a consequence, new paradigms have emerged to explain how self-related information is processed by the brain. However, two key questions are still largely unresolved: first, which are the temporal brain dynamics of self-processing and, second, whether the neural mechanisms underlying self-processing are specific to the self.

Consequently, the aim of this doctoral thesis was to investigate the perceptual and attentional mechanisms of self-processing and, more precisely, of self-face processing. Our main purpose was to determine whether self-face processing is a distinctive phenomenon or, alternatively, whether it may merely be explained by the visual familiarity with one's own face. To this aim, we conducted three studies using images of faces varying in familiarity (me, friend, unknown). Participants completed a face recognition task, while their brain activity was recorded by means of Electroencephalography (EEG).

Our first study focused on investigating whether processing one's own face is different from recognizing any other face and, if so, at which stage the self-face begins to be processed in a particular way. Behavioural and Event-Related Potential (ERP) analyses revealed that, from an early stage, as indexed by the P200 component, the self-face is distinctively processed. Importantly, these results indicate that the distinctive processing of one's own face cannot be attributed to familiarity, as it takes place before the face is even recognized. However, our first study left unresolved whether self-face distinctive processing depends upon perceptual or attentional mechanisms, since the P200 component is related to both cognitive processes.

In order to shed light on this question, we carried out a second study based on the face inversion paradigm, with the aim to test the hypothesis that the distinctive processing of one's own face is the result of perceptual mechanisms related to visual experience. Based on previous evidence, we expected the self-face to be perceived using a more analytical

strategy and, consequently, to be more resistant to the facial inversion effect. However, our behavioural and ERP results showed that the self-face was as susceptible to inversion as a familiar face, suggesting that perceptual mechanisms are not critical to account for self-face processing.

Having ruled out a differential role of perceptual strategies, the purpose of the third study was to investigate whether attentional mechanisms do play a major role in self-face processing. To this end, we applied a series of more complex analyses to the data collected in our first study. Time-frequency and source reconstruction analyses revealed a greater and sustained reduction in alpha- and beta-band power in the fusiform gyrus when perceiving one's own face. This suggests the existence of an attentional mechanism that is specific to the self, as if attention were hijacked by the image of our own face. This phenomenon, which we have called "Narcissus Effect", may have an adaptive value, although the limitations of our experimental design did not allow us to corroborate it.

As a whole, the results presented in this doctoral thesis show that our own face receives a distinctive neural processing that cannot be explained either by familiarity or by the use of a more analytical perceptual strategy. Instead, we have found evidence of attentional mechanisms that are specific to the self. Our findings may have important implications for neuropsychiatric research, since the attentional mechanisms of the self might be compromised in some mental disorders.

# Capítulo 1

Introducción: una revisión teórica  
del yo desde la Neurociencia Cognitiva





## **1. El estudio del yo**

### **1.1. Interés en el estudio del yo**

El *yo* ha sido objeto de gran interés para muchos y diversos campos, desde la filosofía griega a la neuropsiquiatría actual. En el ámbito de la Neurociencia Cognitiva y Social, su estudio se ha centrado en conocer su expresión neural. Uno de los desafíos que plantea esta cuestión es que el sentido del yo es un fenómeno mental complejo y multidimensional por lo que, más que un área “específica del yo” en el cerebro, habría diversos procesos implicados en su generación (Kircher & David, 2003). Actualmente, se está empezando a entender cómo se procesa la información relacionada con uno mismo, como el propio rostro, y cuáles son sus correlatos cerebrales, gracias a las modernas técnicas de neuroimagen (Hu et al., 2016). Así mismo, están surgiendo nuevos paradigmas experimentales (Sui & Gu, 2017) que podrían ayudar a esclarecer por qué el yo y su procesamiento se ve alterado en algunas patologías mentales como la esquizofrenia (Sass & Parnas, 2003), trastornos de personalidad (Platek & Gallup, 2002), depresión (Northoff, 2007) o autismo (Gillespie-Smith, Ballantyne, Branigan, Turk, & Cunningham, 2018).

### **1.2. El yo psicológico y el yo físico**

Los estudios que han investigado el yo se pueden agrupar en dos grandes categorías: los que giran en torno a sus aspectos psicológicos, investigando atributos personales como rasgos de personalidad o recuerdos autobiográficos (Murray, Debbané, Fox, Bzdok, & Eickhoff, 2015; Northoff, 2011), y aquellos centrados en sus componentes físicos, como aquellos que buscan disociar la propia existencia física del entorno externo, como discriminar el propio rostro del de otros (Sugiura, 2013, 2015). En el primer caso, el procesamiento del yo es característico de zonas mediales de la corteza (Araujo, Kaplan, & Damasio, 2013). En cambio, cuando se trata de procesar estímulos relacionados con el yo físico, se pone en marcha una red ampliamente distribuida donde el hemisferio derecho aparece generalmente más activo (Devue & Brédart, 2011). Más allá de estas

diferencias, un meta-análisis reciente (Hu et al., 2016) ha mostrado que ciertas regiones como la corteza cingulada anterior, el giro frontal inferior y la ínsula se ven involucradas en el procesamiento de ambos aspectos, lo que reflejaría también la existencia de una representación neural del yo común.

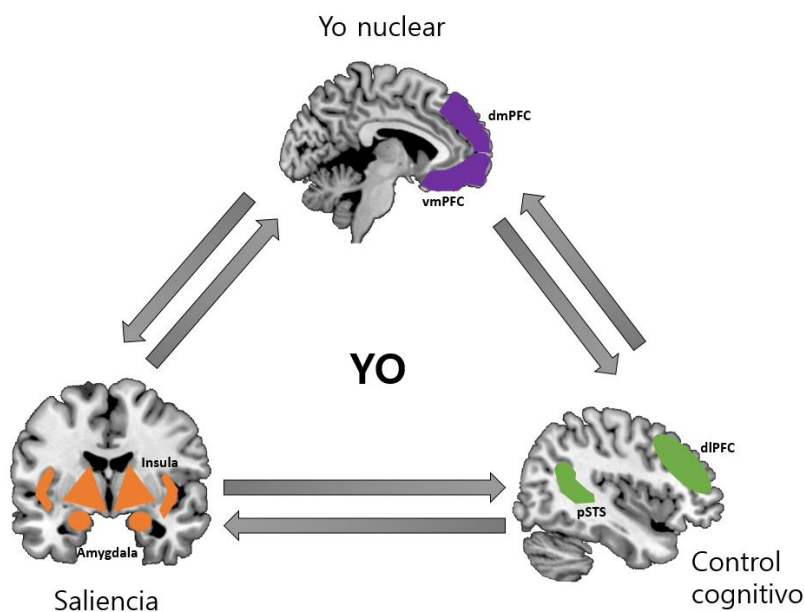
Experimentalmente, el yo psicológico se suele asociar con el *efecto de auto-referencia*, esto es, las palabras que hacen referencia a un rasgo o evento asociado a uno mismo se recuerdan mejor que aquellos que se refieren a otras personas (Knyazev, 2013; Northoff et al., 2006); mientras que el yo físico está directamente relacionado con un *efecto de ventaja hacia el yo* (Enock, Sui, Hewstone, & Humphreys, 2018; Keyes & Brady, 2010), es decir, reconocemos mejor y en menor tiempo los estímulos representativos del yo, como sucede en el caso del auto-reconocimiento facial. Ambos efectos, aunque estudiados por separado, representan distintas caras de una misma moneda y vienen a evidenciar un sesgo que se produce hacia la información relativa a uno mismo (a partir de ahora, *auto-relacionada*). Este sesgo parece deberse a una ventaja en el procesamiento de dicha información, que se ha atribuido bien a la activación de una extensa red bilateral durante el procesamiento del yo (Devue & Brédart, 2011; Keyes & Brady, 2010), bien a mecanismos atencionales específicos del yo (Humphreys & Sui, 2016).

### **1.3. El Modelo Neural del Yo**

La información auto-relacionada se procesa de manera prioritaria en nuestro sistema cognitivo, en comparación con aquella que corresponde a otra persona (Woźniak, Kourtis, & Knoblich, 2018). Generalmente, el estudio científico de esta cuestión se ha venido investigando mediante el uso de tres tipos de estímulos diferentes: la propia cara, el propio nombre y, más recientemente, formas geométricas asociadas al yo. Humphreys y Sui, (2016), tras revisar evidencia acumulada por estas investigaciones, propusieron un nuevo marco teórico, *The Self-Attention Network*, para destacar el importante papel de la atención en el procesamiento del yo. Bajo su visión, las interacciones entre distintos nodos de procesamiento, concretamente aquellos relacionados con la atención y

aquellos que responden a la información auto-relacionada, determinarían nuestra respuesta preferente hacia los estímulos vinculados a uno mismo, y no a aquellos vinculados a otras personas. Este marco de trabajo no solo ha ayudado a entender la influencia de la atención en el procesamiento del yo, sino que sentó las bases de lo que posteriormente se convirtió en el *Modelo Neural del Yo*, que aporta una visión más integradora del procesamiento del yo.

El Modelo Neural del Yo (Sui & Gu, 2017) entiende este como una propiedad emergente que surge de la interacción de distintas redes cerebrales: aquellas relacionadas con el control cognitivo o atencional (corteza prefrontal dorsolateral, dlPFC; surco temporal superior posterior, pSTS), aquellas vinculadas a la saliencia (ínsula, cuerpo estriado, amígdala) y la red denominada “yo nuclear”, que albergaría las auto-representaciones (áreas dorso- y ventromediales de la corteza prefrontal, dmPFC, vmPFC) (ver Figura 1).



**Figura 1. Modelo Neural del Yo** (Sui & Gu, 2017). El yo surge de la interacción entre tres redes relacionadas con el yo nuclear (en violeta vmPFC: corteza prefrontal ventromedial; dmPFC: corteza prefrontal dorsomedial), el control cognitivo o atencional (en verde dlPFC: corteza prefrontal dorsolateral; pSTS: surco temporal superior posterior) y la saliencia (en naranja: ínsula, cuerpo estriado, amígdala).

Según este modelo, durante el procesamiento de la información auto-relacionada se activaría automáticamente la representación mnemónica del yo, y con ella la red del yo nuclear. La interacción entre esta red y la red atencional, tanto *bottom-up* (de abajo hacia arriba) como *top-down* (de arriba hacia abajo), dotaría a esta información de una saliencia social produciendo un sesgo atencional. Sin embargo, si en algún momento el yo tiene que ser ignorado para poder realizar correctamente alguna otra actividad, este patrón se invierte: la red de control atencional *top-down* (de arriba hacia abajo) se activaría entonces para inhibir a la red del yo nuclear, ignorando así la información asociada al yo. Este planteamiento se ve apoyado por evidencia neuropsicológica (Sui, Enock, Ralph, & Humphreys, 2015), según la cual un daño en regiones asociadas al yo nuclear da lugar a la supresión del sesgo hacia el yo (efecto conocido como *hypo-self bias*), mientras que un daño en áreas relacionadas con el control cognitivo, originan un aumento de este sesgo (*hyper-self bias*). Además, es complementario a otros modelos que entienden la atención social como un continuo entre dos procesos cognitivos polarizados: la atención a uno mismo y la atención hacia los demás (con el fin de inferir sus estados mentales). Los mecanismos neurales subyacentes a cada uno de estos extremos interactuarían y competirían entre sí guiando nuestro comportamiento en contextos sociales (Kuang, 2016). Según este enfoque, los síntomas cognitivos que se observan en algunas patologías como el autismo podrían estar relacionados con un desequilibrio en esta interacción (Gillespie-Smith et al., 2018).

## **2. El estudio de la actividad eléctrica cerebral**

### **2.1. EEG como herramienta de elección**

La electroencefalografía, más comúnmente conocida como EEG, es una técnica no invasiva que permite medir de manera directa la actividad eléctrica cerebral. Para ello, se utilizan una serie de electrodos que, colocados en el cuero cabelludo, son capaces de medir los potenciales eléctricos inducidos por la actividad sináptica de las neuronas con

una excelente resolución temporal. Esta ventaja la convierte en una herramienta de gran utilidad para estudiar la arquitectura del procesamiento cognitivo e investigar la dinámica temporal del procesamiento de la información durante la realización de una determinada tarea. Una de sus mayores limitaciones, en cambio, es la menor resolución espacial que presenta esta técnica con respecto a otras como la Resonancia Magnética funcional (fMRI) (Burle et al., 2015). En este sentido, los algoritmos de localización de fuentes actuales permiten reconstruir de manera cada vez más precisa el origen neural de la actividad registrada, mitigando en cierta medida esta limitación.

En este trabajo de investigación se combinan diferentes métodos de análisis de la señal EEG para estudiar los procesos perceptivos y atencionales que median en el procesamiento de la propia cara. En concreto, en los dos primeros estudios llevamos a cabo análisis de Potenciales Relacionados con Eventos (ERPs) para determinar la temporalidad de las distintas etapas del procesamiento facial. En el último estudio aplicamos, además, análisis de tiempo-frecuencia para entender cómo se produce el despliegue atencional ante la propia cara, así como métodos de reconstrucción de fuentes para identificar los generadores neurales de la actividad oscilatoria relacionada con la atención. Cada uno de estos métodos, así como los fundamentos en los que se sustentan, se detallan a continuación.

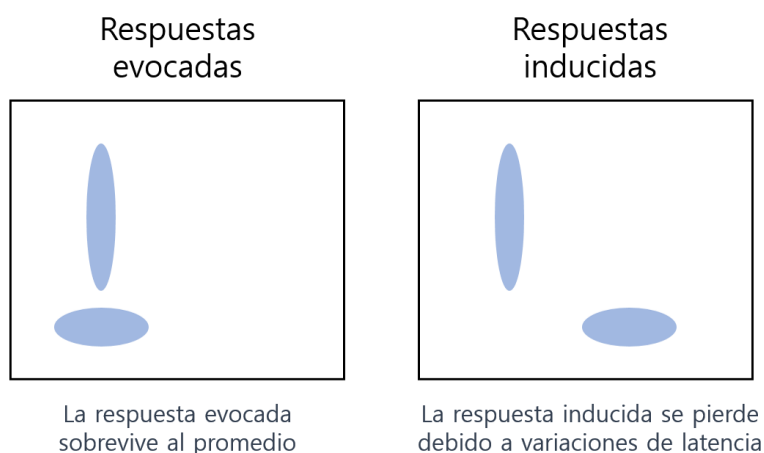
## **2.2. La actividad eléctrica cerebral**

La actividad eléctrica cerebral espontánea se expresa como una señal rítmica en el registro de EEG. Esta señal proviene de los potenciales postsinápticos de las neuronas piramidales activas de la corteza cerebral y refleja el balance entre excitación e inhibición de diferentes circuitos neurales. Precisamente, este balance dinámico es el responsable de la aparición de las oscilaciones o ritmos cerebrales (ver apartado 2.4) (Capilla & Carretié, 2015).

La actividad eléctrica cortical puede clasificarse como actividad evocada o inducida (David, Kilner, & Friston, 2006). Así, podemos hablar de respuestas corticales evocadas,

aquellas que se estudian en el dominio del tiempo, y respuestas inducidas, aquellas que se estudian en el dominio del tiempo-frecuencia. La diferencia entre ambas reside en su relación de fase o desfase, respectivamente, con el estímulo que las genera (Tallon-Baudry & Bertrand, 1999) (Figura 2). Para extraer ambos tipos de respuesta de la señal EEG se aplican diferentes métodos. Las respuestas evocadas se extraen siguiendo un procedimiento basado en el promedio de la actividad relacionada con la estimulación en todos los ensayos o, en otras palabras, en el cálculo de los ERPs (ver apartado 2.3). En cambio, para estimar la potencia inducida hemos de ayudarnos del análisis espectral, es decir, primero se aplica una descomposición de tiempo-frecuencia a cada ensayo y luego se promedia la potencia resultante en todos ellos (ver apartado 2.4).

Tanto la respuesta evocada como la inducida representan aspectos relevantes de la función cerebral, por lo tanto, es importante combinar ambos métodos para abordar el estudio de los procesos cognitivos. En el transcurso de este trabajo de investigación se utilizaron ambas aproximaciones, con el fin de obtener una caracterización lo más completa posible de los mecanismos perceptivos y atencionales que median en el procesamiento del yo.



**Figura 2. Representación esquemática de la diferencia entre las respuestas evocadas e inducidas.** Mientras que las respuestas evocadas están sincronizadas en fase con el estímulo, las respuestas inducidas no lo están y por tanto se acaban perdiendo en el promedio.

### **2.3. Análisis de la actividad evocada**

En el estudio de las dinámicas que subyacen a los procesos cognitivos, el método clásicamente utilizado ha sido el análisis de los ERPs. La extensa evidencia que ha proporcionado esta técnica a lo largo de los años hace que en la actualidad se siga utilizando, a pesar del auge de otras técnicas de neuroimagen y de métodos de análisis más modernos (Woodman, 2010).

Los ERPs son la representación de cambios de voltaje que tienen lugar en el sistema nervioso tras un evento (p.ej. la aparición de la imagen de una cara), y reflejan la suma de la actividad postsináptica de las neuronas piramidales corticales en un periodo de tiempo determinado (Jackson & Bolger, 2014). El cálculo del ERP se realiza promediando los cambios de voltaje que tienen lugar en un conjunto de ensayos o repeticiones de una determinada tarea cognitiva. Como resultado se obtienen una serie de componentes, o picos, que se caracterizan por su amplitud (expresada en microvoltios), polaridad (positiva o negativa), latencia (en milisegundos) y distribución topográfica (Luck & Kappenman, 2012). Su denominación hace generalmente alusión a la polaridad y latencia que lo definen, por ejemplo, el componente N170 se refiere a un componente con polaridad negativa que aparece en torno a los 170 ms tras la presentación de un estímulo. Además, y lo que es más importante, se considera que los componentes de los ERPs son el correlato neuronal de sucesivas etapas del procesamiento perceptivo y cognitivo (Luck, 2014).

Aunque el análisis de ERPs ha proporcionado a lo largo de los años un gran conocimiento sobre las etapas y subetapas de procesos cognitivos, tales como la percepción y la atención, solo tiene en cuenta la actividad cerebral que está sincronizada en fase con el estímulo que se presenta, es decir, las respuestas evocadas (Tallon-Baudry & Bertrand, 1999). Sin embargo, tal y como se ha indicado anteriormente, hay una fuente importante de actividad cerebral que no está sincronizada en fase con la tarea, la actividad inducida, que se cancela al promediar y, por lo tanto, no se observa en el ERP (ver Figura 2). Esto supone una restricción importante de la técnica que otros tipos de métodos, como el análisis tiempo-frecuencia, vienen a superar.

## 2.4. Análisis de la actividad oscilatoria

Gracias a los análisis de tiempo-frecuencia se puede obtener más información sobre un proceso cognitivo dado, ya que permite estudiar tanto la actividad evocada como la inducida mediante la descomposición de la actividad cerebral en sus componentes oscilatorios (Capilla & Carretié, 2015). De esta manera se pueden calcular los cambios de potencia para distintos ritmos cerebrales que tienen lugar en determinados momentos de ejecución de la tarea. Así, se pueden observar cambios tanto en el nivel de sincronización (si aumenta la potencia) como de desincronización (si disminuye la potencia) en un conjunto de neuronas de una región cerebral.

En función de la frecuencia de oscilación (número de ciclos/s o Hz) de la actividad cerebral podemos definir diferentes tipos de osciladores cerebrales o ritmos, clásicamente llamados delta (0.05-4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13- 30 Hz) y gamma (>30 Hz) (Buzsaki, 2006).

Cada uno de estos ritmos suele gobernar en el cerebro humano durante distintos estados cognitivos y de conciencia. Por ejemplo, durante el sueño profundo domina el ritmo delta, mientras que durante la vigilia es más frecuente encontrar oscilaciones en las bandas de frecuencia alfa o beta (Buzsáki, 2006). Los distintos rangos de frecuencia de la actividad oscilatoria cerebral se han venido relacionando con distintos procesos cognitivos, desde la codificación y la recuperación de la memoria, asociados al ritmo theta (Hasselmo, 2005; Kahana, Sekuler, Caplan, Kirschen, & Madsen, 1999), a otras funciones más complejas como la integración sensorial, que se ha asociado con las oscilaciones gamma de alta frecuencia (Buzsáki & Wang, 2012).

De especial relevancia en este trabajo de investigación son los ritmos alfa y beta, ambos representativos de los sistemas sensorimotrices. A continuación, describiremos las características funcionales que los distinguen. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que la función cerebral surge de la superposición de oscilaciones cerebrales en diferentes rangos de frecuencia (Capilla & Carretié, 2015). Por lo tanto, aunque cada ritmo cerebral se ha asociado con determinados procesos, no se debe perder de vista que no



es posible asociar unívocamente una actividad oscilatoria específica con una determinada función cognitiva.

El ritmo alfa es el más predominante en el cerebro humano y juega un papel fundamental en el procesamiento de la información sensorial (Berger, 1929; Klimesch, 2012). Según la modalidad sensorial sea visual, auditiva o somatosensorial, las oscilaciones de la banda alfa varían en distribución topográfica y frecuencia media (dentro del rango de 8 a 13 Hz) (Hari & Salmelin, 1997). En la modalidad visual, en concreto, el ritmo alfa se suele presentar en áreas posteriores, en la región occipitoparietal. El hecho de que este ritmo disminuya en el momento en el que se inicia la actividad visual (esto es, cuando se abren los ojos) ha llevado a pensar que la supresión de alfa podría ser fundamental para mantener las regiones sensoriales en un estado activo. Como consecuencia, su desincronización conllevaría una mejora en la ejecución de tareas perceptivas en términos de tiempo y eficacia (Pfurtscheller, Stancák, & Neuper, 1996). Pero el papel de alfa podría ir más allá, ya que también parece guardar relación con procesos cognitivos superiores tales como la memoria operativa y la atención. Con respecto a esta última función, la actividad del ritmo alfa se ha comparado con una especie de filtro que permitiría suprimir o seleccionar la información que procesamos (Bonfond, Kastner, & Jensen, 2017; Klimesch, Sauseng, & Hanslmayr, 2007).

El rol de beta, aunque menos conocido, también se ha asociado tradicionalmente a procesos cognitivos relacionados con los sistemas sensoriales, en concreto, a la tendencia del sistema sensorimotor a mantener el 'status quo' (Engel & Fries, 2010). Pero no exclusivamente, ya que el ritmo beta también parece tener una influencia sobre el flujo de información, enviando señales de retroalimentación hacia áreas de la corteza de nivel inferior o subcorticales (Capilla & Carretié, 2015). Es decir, más allá de su relación con el sistema sensorimotor, el ritmo beta parece reflejar un modo de procesamiento *top-down* de la información (Fries, 2015; Spitzer & Haegens, 2017).

## 2.5. Reconstrucción de fuentes neurales

Como comentábamos al comienzo de esta sección, medir la actividad cerebral mediante EEG tiene una limitación, su escasa resolución espacial. Determinar dónde se originan los efectos que observamos en la señal registrada resulta problemático y, por tanto, no es posible asociar una determinada actividad a regiones cerebrales específicas con precisión. No obstante, esta limitación se puede paliar mediante métodos matemáticos que ayudan a determinar de manera aproximada el origen de la señal reconstruyendo su fuente neural.

Estos métodos vienen a resolver dos problemas: el problema directo y el problema inverso. El problema directo se resuelve de manera sencilla, calculando el patrón de voltaje que se observaría dada la ubicación y orientación de un generador neural específico. Por el contrario, la localización de los generadores neurales de la señal a partir de los datos registrados no se puede predecir con total certeza (Woodman, 2010). Esto último es el problema inverso y, por ser un problema indeterminado, no tiene una única solución, sino varias soluciones con distinto grado de probabilidad. Para resolverlo se han desarrollado complejos algoritmos, algunos de ellos heredados de la física como los filtros espaciales o *beamforming* (Gross et al., 2001; Van Veen, Van Drongelen, Yuchtman, & Suzuki, 1997).

## 3. El procesamiento facial

### 3.1. ¿Cómo reconocemos una cara?

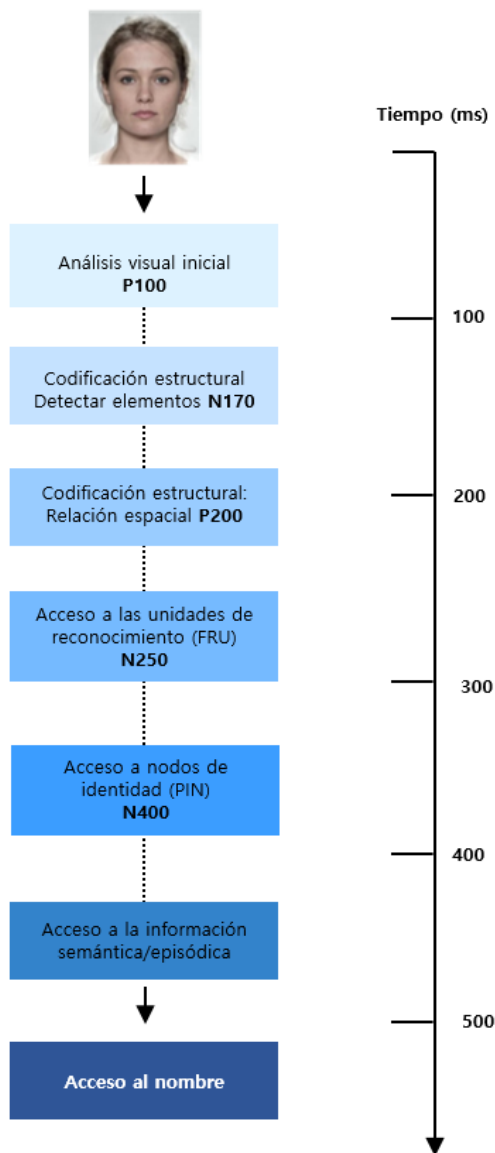
La percepción y el reconocimiento facial es una habilidad fundamental para movernos en el medio social en el que vivimos. Es por ello que ha sido un área muy prolífera en el ámbito de la Neurociencia Cognitiva y Social.

El modelo cognitivo y funcional de reconocimiento facial que impera hasta la fecha surgió en 1986 de la mano de Bruce & Young, y se ha ido modificado posteriormente gracias a estudios de fMRI (Gobbini & Haxby, 2007; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000; Ishai, 2008).

Según este modelo, que se caracteriza por ser secuencial y jerárquico, cuando vemos una cara la información es analizada y codificada desde sus componentes más simples a los más complejos. Así, se forma un percepto visual que será comparado con la información visual que tenemos en la memoria a largo plazo con el objetivo de reconocer, o bien la identidad de una persona, o bien su expresión, y de esta manera inferir su estado mental (Burton, Bruce, & Johnston, 1990; Calder & Young, 2005).

En cuanto a la dinámica temporal del procesamiento visual de caras, diferentes componentes de ERPs se han asociado a los subprocessos que se dan en las etapas específicas del reconocimiento facial (Schweinberger & Burton, 2004, Schweinberger & Neumann, 2016). Los componentes P100, N170 y P200, que aparecen en los primeros 200 ms tras la presentación de un rostro, están vinculados a la primera etapa del procesamiento de la identidad facial. Mientras que el componente P100 se relaciona con el análisis inicial de la información visual de bajo nivel, los componentes N170 y P200 se han asociado al proceso de codificación estructural de primer orden (Eimer, 2011) y segundo orden (Latinus & Taylor, 2006), respectivamente. Así, primero se detectan los elementos faciales (ojos, nariz, boca) y seguidamente se analiza la relación espacial existente entre ellos. Una vez codificadas las características físicas de la cara, la representación resultante debe compararse con las representaciones almacenadas en memoria de los rostros que ya conocemos, denominadas Unidades de Reconocimiento Facial (FRUs). El acceso a estas unidades de reconocimiento se estima que tiene lugar alrededor de los 200-300 ms, y se ha relacionado con el componente N250 (Schweinberger, 2011). Así, una mayor activación de las FRUs, se ve reflejado en una mayor amplitud del componente N250 y en un mejor reconocimiento. Solo si la FRU ha sido lo suficientemente activada, se podrán activar posteriormente los denominados Nodos de Identidad de la Persona (PINs), en torno a 300-500 ms tras la aparición de la cara. Los PINs se han asociado al componente N400 y pueden ser activados por distintas vías sensoriales (Schweinberger & Neumann, 2016). La activación de los PINs permite acceder a la información semántica y episódica relacionada con la persona y, por último, a su nombre, al que no se accede hasta los 500-600 ms. La Figura 3 muestra de manera

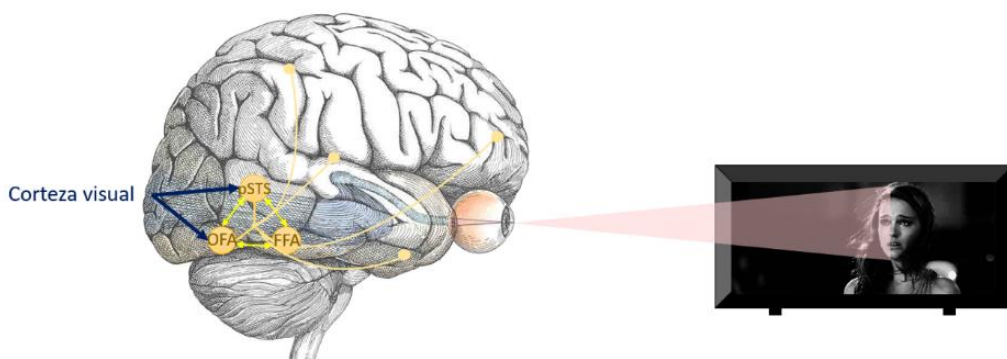
esquemática la secuencia temporal en el procesamiento facial y los componentes de los ERPs relacionados con cada uno.



**Figura 3. Dinámica temporal del procesamiento de una cara y componentes de los ERPs asociados** (Schweinberger & Neumann, 2016). Según el modelo cognitivo de procesamiento de la identidad facial, al ver una cara la información es analizada y codificada desde sus componentes más simples a los más complejos formando un percepto visual que será comparado con la representación almacenada en memoria. Si se da una coincidencia con una cara ya conocida, se accede a la información relacionada con la persona y finalmente al nombre.

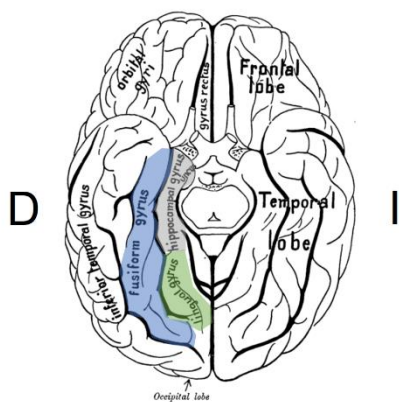
Durante el procesamiento facial se activan una serie de áreas cerebrales específicas, entre las que destacan el área fusiforme facial (FFA), el área occipital facial (OFA) y el surco temporal superior posterior (pSTS). Mientras que las áreas occipitales, OFA y FFA, están implicadas en el reconocimiento de la identidad de la cara (Kriegeskorte, Formisano, Sorger, & Goebel, 2007), la región pSTS junto con OFA contribuyen al procesamiento de expresiones faciales, lo que nos permite entender las emociones o intenciones de los demás (Winston, Henson, Fine-Goulden, & Dolan, 2004).

Gracias a la comunicación entre estas áreas occipitotemporales, más especializadas en procesar las características faciales, y otras regiones cerebrales implicadas en diferentes funciones cognitivas (p.ej. emoción, memoria o lenguaje) se produce un intercambio de información que nos permite finalmente extraer el significado de las caras que percibimos e integrarlo con nuestro conocimiento (Haxby & Gobbini, 2011). La Figura 4 muestra de manera esquemática el flujo de información que se desencadena cuando procesamos un rostro.



**Figura 4. Procesamiento visual de una cara.** Representación de cómo la información visual de una cara es en un primer momento procesada por la corteza visual y, posteriormente, analizada por áreas especializadas en el procesamiento facial (FFA: área fusiforme facial, OFA: área occipital facial, y pSTS: surco temporal superior posterior).

Aunque el procesamiento facial se lleva a cabo en áreas cerebrales de ambos hemisferios, tanto estudios conductuales (Rhodes, 1993) como de neuroimagen (Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996; McCarthy, Puce, Gore, & Allison, 1997; Sergent, Ohta, & Macdonald, 1992), han puesto de manifiesto el papel dominante del hemisferio derecho. Esta asimetría es especialmente llamativa en los casos de pacientes con prosopagnosia, donde un daño en regiones occipitotemporales derechas parece ser suficiente para provocar déficits severos en el reconocimiento facial (De Renzi, 1986). Tres son las regiones del hemisferio derecho comúnmente relacionadas con la prosopagnosia adquirida y que, por tanto, parecen ser clave para el procesamiento de la identidad facial (Figura 5): el giro fusiforme, el giro lingual y el giro parahipocampal (ver Rossion, 2014 para una revisión).



**Figura 5. Áreas clásicamente asociadas a un déficit en el reconocimiento facial** (Rossion, 2014). Vista ventral del hemisferio derecho (D) e izquierdo (I) del cerebro en la que se pueden observar las tres regiones fundamentales para procesar la identidad de una cara: el giro fusiforme (azul), el giro lingual (verde) y el giro parahipocampal (gris).

### 3.2. Estrategias perceptivas en el reconocimiento facial: dos hemisferios, dos estrategias

Como se ha mencionado anteriormente, regiones de ambos hemisferios participan en el procesamiento facial, aunque empleando distintas estrategias de procesamiento. Por una parte, el hemisferio izquierdo tendría una superioridad para realizar un procesamiento basado en características faciales, es decir de tipo local o analítico. El hemisferio derecho,

sin embargo, tendría una ventaja para procesar la cara como un todo, es decir para el procesamiento global, también llamado configuracional u holístico (McCarthy et al., 1997; Rossion et al., 2000). El uso de una u otra estrategia perceptiva durante el procesamiento facial se refleja en un patrón de movimientos oculares concreto. Al forzar una estrategia local o analítica, la mirada se ancla en un único rasgo facial desde el que se escanea el resto de la cara, mientras que al adoptar una estrategia más global la mirada se fija sobre todo en los ojos y en la nariz, los rasgos más informativos a la hora de extraer la identidad de una persona (Schwarzer, Huber, & Dümmler, 2005). El reconocimiento facial se ve beneficiado, por tanto, por la adopción de esta última estrategia (Richler, Cheung, & Gauthier, 2011), que ha sido vinculada a la mayor implicación del hemisferio derecho en el procesamiento de la identidad facial (Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997; Bruno Rossion et al., 2000; Schiltz & Rossion, 2006).

### **3.3. Paradigma de inversión facial**

Cuando percibimos una cara con el objetivo de identificarla tendemos a hacerlo como un todo integrado. Como consecuencia, si una cara se muestra invertida, una orientación que impide específicamente el procesamiento global u holístico, el reconocimiento se ve fuertemente afectado (Tanaka & Gordon, 2011). Esto es lo que se llama *efecto de inversión*, un fenómeno que solo se da ante caras (no ante objetos) y que se manifiesta conductualmente en un aumento de los tiempos de reconocimiento, y neuralmente en un aumento de la amplitud y la latencia del componente N170 (Bentin et al., 1996; Eimer, 2000a; Latinus & Taylor, 2005; Sadeh & Yovel, 2010; Sagiv & Bentin, 2001).

El paradigma de inversión ha sido utilizado con una amplia gama de estímulos faciales para investigar los procesos cognitivos que estarían detrás del procesamiento de la información facial adoptando uno u otro tipo de estrategia perceptiva. Se ha visto, por ejemplo, que la inversión de información local, es decir, de características faciales aisladas, no perturba su percepción (Rhodes, 1993), al contrario de lo que sucede cuando se invierte toda la cara en su conjunto. Sin embargo, no nos consta que se haya investigado

la respuesta cerebral al efecto de inversión sobre un estímulo facial tan singular como es la propia cara.

### **3.4. La propia cara**

Los estudios que han utilizado la propia cara como objeto de interés, generalmente se han centrado en entender cómo el yo y el otro se diferencian. Parten de la premisa de que la representación de la propia cara podría ser considerada especial si durante su procesamiento participan sistemas o mecanismos neurales que son físicamente o funcionalmente diferentes de aquellos que están implicados en el reconocimiento de otros (Rooney, Keyes, & Brady, 2012).

A nivel conductual, la diferencia entre el yo y el otro viene dada por una diferencia en la precisión y la rapidez en el auto-reconocimiento. Así, la mayoría de estudios coinciden en que la propia cara se caracteriza por tener un procesamiento más eficiente en comparación con otras caras, tanto conocidas como desconocidas. En ciertas ocasiones, esta eficacia se ha atribuido a que la propia cara tiene una representación más bilateral y, por lo tanto, es más rica en información facial, tanto global como local, lo que facilitaría su reconocimiento (Keyes & Brady, 2010). En línea con este argumento, la estabilidad observada en la distribución de los tiempos de respuesta ante la propia cara, con independencia del contexto o la tarea, también se ha achacado a una representación más robusta, consecuencia de tener una amplia experiencia perceptiva con ella (Tong & Nakayama, 1999). En otras ocasiones se ha propuesto que, si bien la propia cara parece estar representada en el cerebro de una manera singular, la disociación entre el yo y el otro se debe a una diferencia en la codificación (Keyes, Brady, Reilly, & Foxe, 2010), más que a una representación neural separada (Rooney et al., 2012). Incluso, se ha llegado a hipotetizar que esta estabilidad en el auto-reconocimiento lo que viene a mostrar es que nuestro rostro es procesado como una categoría perceptual única (Sui & Humphreys, 2013). Sin embargo, estos estudios no suelen ir acompañados de pruebas que midan simultáneamente la actividad cerebral, por lo que desconocemos si la ventaja hacia el yo que se observa conductualmente tiene una correspondencia a nivel neural.



Por otra parte, los estudios que se han centrado en investigar los correlatos neurales del procesamiento de la propia cara, también han encontrado una clara disociación entre el yo y el otro. Estos estudios se han ayudado de técnicas como la fMRI o la Estimulación Magnética Transcraneal (TMS), así como de pacientes neuropsicológicos con lesiones focalizadas, para determinar qué regiones son relevantes en el auto-reconocimiento facial. Por lo general, todos parecen coincidir en que durante el procesamiento de la propia cara se activa una compleja red bilateral ampliamente distribuida (Platek, Wathne, Tierney, & Thomson, 2008). Pero, más específicamente, ciertas áreas parecen tener una activación consistente durante el reconocimiento de la propia cara en comparación con el reconocimiento de otras. Estas son la corteza prefrontal (el giro frontal inferior, el giro frontal medio y el giro frontal medial, principalmente del hemisferio derecho) y la corteza parietal (el lóbulo parietal inferior, el giro supramarginal y el precúneo, sobre todo derecho). Otras áreas como la corteza cingulada anterior (principalmente derecha), la ínsula bilateral, el giro fusiforme izquierdo y el giro temporal inferior bilateral, también parecen tener cierta relevancia (Devue & Brédart, 2011; van Veluw & Chance, 2014).

La propia cara también se ha investigado, aunque de manera indirecta, en estudios de reconocimiento facial cuyo objetivo era entender el procesamiento de caras u objetos familiares (Caharel et al., 2007; Tanaka, Curran, Porterfield, & Collins, 2006). Estos estudios han usado en sus paradigmas experimentales la propia cara del participante como un estímulo altamente familiar, atribuyendo (quizás erróneamente) las propiedades singulares del propio rostro a las caras familiares en general.

Por último, el poder distractor de la propia cara ha sido objeto de interés en estudios de atención en los que se ha observado que el rostro de uno mismo capta y retiene nuestra atención (Brédart, Delchambre, & Laureys, 2006; Keyes & Dlugokencka, 2014; Wójcik, Nowicka, Kotlewska, & Nowicka, 2018). Sin embargo, la mayoría de estos estudios no han hallado diferencias atencionales entre la propia cara y otras caras familiares, por lo que se desconoce hasta qué punto este enganche atencional es específico del yo o, por el contrario, se debe al alto grado de familiaridad que tenemos con nuestra propia cara (Devue, Van der Stigchel, Brédart, & Theeuwes, 2009).

En conclusión, aunque la propia cara se ha investigado con anterioridad en el ámbito de la Neurociencia Cognitiva y Social, los estudios realizados son limitados y dejan un buen número de incógnitas sin resolver. Entre ellas, qué mecanismos neurales son responsables del procesamiento ventajoso de la propia cara, si estos mecanismos son específicos del yo, o hasta qué punto la propia cara se puede considerar realmente un estímulo auto-relacionado singular o simplemente representa el extremo de un continuo de familiaridad. Consideramos que la investigación de los mecanismos perceptivos y atencionales subyacentes al reconocimiento de la propia cara que pretendemos llevar a cabo en la presente tesis doctoral podría ayudar a esclarecer estas cuestiones, así como contribuir a mejorar el marco teórico explicativo del procesamiento del yo.

## **4. La atención**

### **4.1. Modelo teórico de la atención**

El cerebro posee una capacidad limitada para procesar todos los estímulos que recibimos de nuestro entorno. El proceso cognitivo a través del cual seleccionamos aquellos más relevantes para su posterior procesamiento, mientras que atenúamos cualquier información irrelevante o potencialmente distractora, es la atención (Katsuki & Constantinidis, 2014). Pero esta no es un proceso aislado, sino que interactúa continuamente con otros procesos cognitivos, tales como la percepción o la memoria. Gracias a esta interacción, la información que recibimos se integra con nuestro conocimiento previo formando un todo que tiene sentido para nosotros y permitiéndonos canalizar nuestros recursos neuronales en función a las necesidades del ambiente (Melcón, Alzueta, Hernández-Lorca, & Capilla, en prensa).

Debido a su naturaleza compleja y heterogénea, la atención se ha intentado explicar desde diferentes modelos y aproximaciones (Bressler, Tang, Sylvester, Shulman, & Corbetta, 2008; Corbetta & Shulman, 2002; Mesulam, 1990; Miller, 2000; Posner & Petersen, 1990). De entre todos ellos, este trabajo de investigación se fundamenta en el modelo propuesto por Corbetta y Shulman (2002, 2008), del que también se nutre la *Self-*

*Attention Network* basada en el control cognitivo o atencional que se ejerce hacia el yo (Humphreys & Sui, 2016; ver apartado 1.3.).

El modelo atencional de Corbetta y Shulman (2002, 2008) revisa modelos anteriores (Mesulam, 1990; Posner & Petersen, 1990) incorporando evidencia neurofisiológica y neuroanatómica más reciente. De él se desprende la noción de la existencia de dos redes atencionales diferentes pero complementarias. Según estos autores, la atención se puede clasificar en función de cómo se distribuyen nuestros recursos atencionales, o cómo se ejerce el control atencional, ante una tarea o situación dada. Así, existirían dos mecanismos atencionales basados en sustratos anatómicos diferenciados: la atención *endógena*, asociada a una red cerebral dorsal, y la atención *exógena*, relacionada con una red ventral.

La atención endógena (conocida también como *top-down* o *goal-driven*) se basa en la focalización voluntaria u orientación interna de los recursos cognitivos guiada por el conocimiento previo, intenciones u objetivos (Connor, Egeth, & Yantis, 2004; Itti & Koch, 2001). La principal característica de la atención endógena es que a través de una modulación *top-down* la actividad neuronal aumenta hacia un determinado objeto, localización o característica de interés, a la vez que se suprime la respuesta neuronal hacia la información que no es relevante para el individuo (Douglas & Martin, 2007; Hopfinger, Jha, Hopf, Girelli, & Mangun, 2000; Katsuki & Constantinidis, 2014). La red dorsal en la que se sustenta este mecanismo está compuesta por el lóbulo parietal dorsal (surco intraparietal y lóbulo parietal superior) y la corteza frontal dorsal (campos oculares frontales). Esta red se encargaría de combinar la información almacenada en nuestra memoria con la que información que nos llega del entorno y actuaría para mantener la atención hacia la consecución de un objetivo. Además, la red dorsal, cuyas señales llegan a extenderse hasta la corteza sensorial (p.ej. la visual), puede ser pre-activada por expectativas previas sesgando el procesamiento del estímulo (Giesbrecht, Weissman, Woldorff, & Mangun, 2006; Silver, Ress, & Heeger, 2007).

Por otro lado, la atención exógena (también denominada *bottom-up* o *stimulus-driven*) es un proceso inducido externamente por la presencia de un estímulo relevante. Está sustentada por la activación de una red ventral compuesta por la unión temporo-parietal (surco temporal superior y giro supramarginal ventral) y la corteza frontal ventral (giro frontal medio, giro frontal inferior, opérculo frontal e ínsula anterior). Esta red actúa orientando los recursos atencionales de manera automática e involuntaria hacia el estímulo relevante (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy, & Shulman, 2000).

Es importante destacar que la relevancia de un estímulo puede venir dada por las características intrínsecas del mismo (p.ej. un sonido fuerte) o por su relevancia con respecto a nuestros objetivos, expectativas o conocimiento previo (p.ej. el propio nombre). En cualquier caso, ante un estímulo relevante la red ventral interactuaría con la dorsal, interrumpiéndola y redirigiendo la atención hacia ese estímulo por ser significativo para el individuo (Downar, Crawley, Mikulis, & Davis, 2001).

Los procesos atencionales *top-down* y *bottom-up*, si bien son distintos, también coactivan una misma red que implica regiones parietales y prefrontales. Así, más que considerar la atención como un proceso dicotómico, esta se podría entender como un “mapa de prioridades” que estaría modulado simultáneamente por factores endógenos y exógenos (Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012; Katsuki & Constantinidis, 2012). Por lo tanto, aunque el modelo de Corbetta y Shulman hace una clara distinción entre la red dorsal y la ventral, no hay que olvidar que ambas redes interactúan estrechamente entre sí para orientar nuestra atención según las necesidades del entorno (Shomstein, 2012; Shomstein, Lee, & Behrmann, 2010).

#### **4.2. Estudio de la atención a través de las oscilaciones cerebrales**

La atención supone la puesta en marcha de un eficiente mecanismo cognitivo que, como se ha visto, es altamente complejo y opera a distintos niveles. En cuanto a su neurofisiología, la función que desempeña la atención a modo de “filtro” de información se ha visto estrechamente asociada a la actividad alfa (ver apartado 2.4.).

El ritmo alfa, interpretado inicialmente como un estado de “ralentí cortical” (Pfurtscheller, 2003), tiene un marcado carácter inhibitorio (Klimesch et al., 2007). La visión en la que se basan las teorías actuales es que la sincronización y desincronización de la actividad en la banda alfa representa dos de los mecanismos fundamentales de la atención: inhibición y selección. Mientras que la sincronización o aumento de potencia de la actividad alfa se ha relacionado con la supresión de la información irrelevante, su desincronización, o disminución de potencia, parece liberar esta inhibición para así facilitar el procesamiento de la información relevante (Jensen & Mazaheri, 2010; Klimesch, 2012). La actividad alfa, por tanto, se expresa mediante una respuesta antagónica que actuaría como un mecanismo para el procesamiento eficiente de la información (Suffczynski, Kalitzin, Pfurtscheller, & Lopes da Silva, 2001).

Esta visión sobre la importancia de la banda alfa en la atención se sustenta en estudios que emplean paradigmas de atención espacial con claves visuales o auditivas en los que se han observado dos fenómenos. Por un lado, ante una clave que indica el lugar donde va a aparecer un estímulo objetivo, se produce un aumento en la potencia de la actividad alfa del hemisferio ipsilateral, es decir, en el hemisferio que no debe procesar el estímulo. Por otro lado, también se ha observado una disminución de la potencia en el hemisferio contralateral a donde se presenta la clave, es decir, en el hemisferio que estaría encargado de procesar el estímulo (Thut, Nietzel, Brandt, & Pascual-Leone, 2006). De esta manera, se ha propuesto que las oscilaciones alfa no solo inhiben la actividad en aquellas zonas que no son relevantes para la tarea que se está llevando a cabo, sino que también facilitan la puesta en marcha de mecanismos atencionales dentro de la ubicación en la que se espera que aparezca el estímulo objetivo. Dicho de otra manera, la focalización de la atención endógena genera una desincronización o disminución del ritmo alfa, que facilitaría el procesamiento de la estimulación relevante para la tarea (Capilla, Schoffelen, Paterson, Thut, & Gross, 2014; Palva & Palva, 2007).



# Capítulo 2

## Justificación





## **1. Cuestiones que deja sin resolver el Modelo Neural del Yo**

La evidencia experimental acumulada hasta el momento sobre el estudio del yo fue recogida por Sui & Gu (2017) y canalizada en un modelo neural que entiende el yo como una propiedad que aflora por la interacción de distintas redes cerebrales.

Aunque este nuevo modelo ha supuesto un gran avance al contemplar el procesamiento de la información auto-relacionada tanto desde la función como desde la disfunción cerebral, está basado esencialmente en estudios realizados con fMRI que, como es bien sabido, tiene una resolución temporal limitada (Kim, Richter, & Ugurbil, 1997). Como consecuencia, se desconoce cómo fluye la información entre las distintas regiones cerebrales implicadas.

Algunos investigadores han abordado la cuestión de la temporalidad empleando EEG, aunque este tipo de estudios son aún escasos y no muestran resultados consistentes que resuelvan la cuestión de en qué estadio de procesamiento el yo empieza a diferenciarse del otro (por ejemplo, Keyes, Brady, Reilly, & Foxe, 2010; Miyakoshi, Nomura, & Ohira, 2007). Por lo tanto, aún seguimos sin saber cómo y en qué momento se produce un procesamiento diferencial del yo y, lo que es más importante, si realmente éste se puede considerar distintivo o está modulado por otras variables como, por ejemplo, la experiencia perceptiva que se tiene con el estímulo.

De hecho, la familiaridad podría ser un factor de confusión en muchos de los estudios que investigan el procesamiento del yo a través de estímulos como la propia cara o el nombre propio. Generalmente, estos estudios han atribuido al yo una ventaja en el procesamiento de la información auto-relacionada pero, cabría preguntarse, ¿hasta qué punto el procesamiento ventajoso del yo es un efecto genuino y no un mero efecto de familiaridad?

En resumen, hay dos cuestiones clave que el Modelo Neural del Yo aún no ha podido resolver por la naturaleza de los estudios en los que se sustenta. La primera de estas

cuestiones es cuál es la dinámica temporal de los procesos implicados durante el procesamiento de la información auto-relacionada y, la segunda, cómo de específicos son estos procesos con respecto a los implicados en el procesamiento de otros estímulos familiares.

## **2. Contribución de la presente tesis**

La presente tesis tuvo como objetivo estudiar cuáles son los mecanismos neurales que se ponen en marcha durante el procesamiento del yo y, en concreto, de la propia cara. Para abordar las problemáticas de estudios previos empleamos, por una parte, EEG con sus diferentes aproximaciones de análisis y, por otra parte, estímulos faciales auto-relacionados (el propio rostro) y no auto-relacionados (los rostros de otras personas con distintos grados de familiaridad). Por un lado, el EEG supera las limitaciones temporales de la fMRI, lo que permite determinar con precisión qué procesos se están desarrollando en un instante concreto de tiempo. Por otro lado, consideramos que la propia cara es el estímulo más idóneo para investigar el yo. A diferencia de otros estímulos auto-relacionados como el nombre propio, la propia cara no se comparte con nadie más, por lo que podría entenderse como la máxima representación del yo. Es por ello que esta tesis toma como objeto de estudio el propio rostro del participante. Además, para controlar el efecto de familiaridad, nuestro diseño experimental incluye otras caras con distintos grados de familiaridad, como la cara de un amigo cercano y la de una persona desconocida.

Este trabajo de investigación se sustenta en tres estudios que, en su conjunto, pretenden incrementar nuestro conocimiento sobre cómo los seres humanos procesamos nuestra propia cara, un estímulo visual con una gran relevancia personal y social. Nuestro primer estudio iba dirigido a conocer si la propia cara se procesa de manera diferente al resto de rostros, en relación con la ventaja conductual que se observa en el auto-reconocimiento. En caso afirmativo, pretendíamos también identificar en qué momento se produce este procesamiento diferencial, ayudándonos para ello del análisis de ERPs.

Los resultados de este estudio confirmaron una ventaja en el auto-reconocimiento tanto a nivel conductual como neural, apuntando a que el procesamiento diferencial de la propia cara no venía dado por la familiaridad del estímulo (N250), sino por la acción de mecanismos más tempranos, bien perceptivos o atencionales (P200).

Con el objetivo de reconciliar nuestros resultados con la literatura existente, y para confirmar o descartar que el procesamiento diferencial de la propia cara esté mediado por mecanismos perceptivos, realizamos un segundo estudio volviendo a hacer uso del análisis de ERPs. En este estudio utilizamos el paradigma de inversión para forzar al participante a utilizar una estrategia perceptiva analítica durante el reconocimiento facial. Queríamos comprobar si el hecho de emplear una estrategia más analítica al procesar la propia cara tenía efectos sobre el componente perceptivo temprano N170. En línea con nuestro primer estudio, los resultados indicaron que el procesamiento diferencial de la propia cara no depende de mecanismos perceptivos en las etapas más tempranas (N170), sino más bien de mecanismos atencionales que operan en una etapa intermedia del procesamiento (P200).

Tras los resultados de ambos estudios, y habida cuenta del importante rol que parecía jugar la atención en el procesamiento de la propia cara, decidimos retomar los datos del primer estudio para realizar un análisis más profundo sobre ellos. Dado que el mejor correlato oscilatorio de la atención es el ritmo alfa, decidimos aplicar análisis de tiempo-frecuencia y de reconstrucción de fuentes neurales, para identificar modulaciones en el ritmo alfa y si estas provenían de regiones cerebrales implicadas en el procesamiento de caras. El objetivo de este tercer estudio fue investigar si los mecanismos atencionales puestos en marcha durante el procesamiento de la propia cara eran específicos del yo o venían impulsados por la familiaridad. Los resultados de este último estudio mostraron una reducción más acusada de la potencia para las bandas alfa y beta en el giro fusiforme ante la propia cara. Estos datos indican que la propia cara captura la atención del que la percibe por más tiempo en comparación con otras caras, incluso aquellas que también resultan familiares. De los resultados de este estudio podemos concluir que los mecanismos atencionales implicados en el auto-procesamiento son específicos del yo.

Sin embargo, nuestros resultados abren la puerta a una nueva cuestión que esta tesis no alcanza a resolver, esto es, si la modulación atencional que vemos ante la propia cara tiene un efecto facilitador o inhibitor sobre el procesamiento de la información subsecuente. En la discusión general de esta tesis se debate en detalle sobre ello y se proponen algunas líneas de trabajo futuras encaminadas a resolver esta cuestión.

# Capítulo 3

## Objetivos e hipótesis



El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar y describir los mecanismos neurales específicos del procesamiento del yo y, más concretamente, de la propia cara. La principal pregunta que esta tesis busca responder es si el procesamiento de la propia cara tiene características distintivas que lo diferencian cualitativamente del procesamiento facial convencional o si, por el contrario, la propia cara se procesa simplemente como una cara muy familiar. Para abordar este objetivo realizamos tres estudios.

**Estudio I:** El objetivo del primer estudio fue investigar el **procesamiento diferencial de la propia cara**. Se pretendía así conocer si la propia cara se procesa de manera diferencial y, de ser así, en qué estadio de procesamiento empieza a diferir con respecto a rostros convencionales. Las diferencias podrían observarse en etapas tempranas, involucradas en realizar la codificación perceptiva de la cara, o en etapas más tardías, una vez reconocida la identidad del rostro y su grado de familiaridad. Nuestra hipótesis es que la propia cara se procesa de manera distintiva. En concreto, y basándonos en la literatura previa, hipotetizamos que la propia cara comienza a diferenciarse de otras caras en fases tempranas, relacionadas con la configuración espacial del rostro (N170/P200).

**Estudio II:** Partiendo de las discrepancias encontradas entre nuestro primer estudio y estudios similares (p.ej. Keyes y colaboradores, 2010), el objetivo del segundo estudio fue investigar si el procesamiento diferencial de la propia cara en etapas tempranas se debe a la puesta en marcha de una **estrategia perceptiva más analítica**, en comparación con la estrategia holística que suele emplearse durante el procesamiento facial general. Basándonos en los resultados de estudios conductuales previos, hipotetizamos que la propia cara se procesa mediante una estrategia más analítica y, en consecuencia, es más resistente al efecto de inversión que otras caras familiares. En concreto, esperamos que la amplitud y la latencia del componente N170 se vean menos afectadas al presentar la propia cara en posición invertida, en comparación con otra cara conocida.

**Estudio III:** Por último, una vez descartado que el carácter distintivo de la propia cara se debía a mecanismos meramente perceptivos, nos propusimos investigar los **mecanismos**

**atencionales** que se despliegan durante el procesamiento de la propia cara. Nuestro objetivo fue determinar si estos son específicos del yo o, si, por el contrario, son impulsados por la familiaridad del estímulo. Partimos de la hipótesis de que el procesamiento de la propia cara pone en marcha mecanismos atencionales específicos del yo. Por esto, esperamos encontrar un mayor compromiso de la atención ante la propia cara, reflejado en una reducción de la potencia de la banda alfa, en comparación con otras caras, tanto familiares como desconocidas.



# Capítulo 4

## Estudio I: El procesamiento diferencial de la propia cara

### **Capítulo publicado en:**

Alzuet, E., Melcón, M., Poch, C., & Capilla, A. (2019). Is your own face more than a highly familiar face?. *Biological psychology*, 142, 100-107.



## 1. Introducción

La propia cara es un aspecto esencial de nuestra identidad y, al mismo tiempo, es la cara más familiar para cada uno de nosotros. A diferencia de otras caras, su representación mental se ha ido generando a lo largo de los años a través de la experiencia (Tong & Nakayama, 1999) y goza de una ventaja en el reconocimiento (Keyes & Brady, 2010). Independientemente del contexto, la orientación y las demandas de la tarea, somos más rápidos y precisos a la hora de reconocer nuestra propia cara en comparación con la de otros (Keyes, 2012; Keyes & Brady, 2010; Sui & Humphreys, 2013). Hecho que se ha atribuido a la ventaja en la codificación del propio rostro durante su procesamiento (Keyes et al., 2010), posiblemente, como resultado de la experiencia. Por el contrario, esta ventaja también se ha venido explicando como un simple efecto de familiaridad (por ejemplo, Bortolon, Lorieux, & Raffard, 2018); aunque, en comparación con otros rostros familiares, el propio rostro sigue reconociéndose significativamente más rápido y de manera más precisa (Sui & Humphreys, 2013). Sobre la base de estas ideas, en el presente estudio se plantea la hipótesis de que el propio rostro tiene un procesamiento distintivo desde una etapa temprana, que no puede explicarse simplemente por su alto grado de familiaridad visual.

Según el modelo secuencial de Bruce y Young (1986) (recientemente modificado por Schweinberger & Neumann, 2016; Haxby et al., 2000 y Schweinberger & Burton, 2003), cuando percibimos una cara primero se codifica estructuralmente, y luego se compara con las representaciones almacenadas en las unidades de reconocimiento facial (FRU). La codificación estructural se lleva a cabo en dos subetapas. La codificación de primer orden, momento en el que se detectan los elementos que constituyen una cara, está indexada por el componente N170 (Eimer, 2000b; Eimer, Gosling, Nicholas, & Kiss, 2011), mientras que la de segundo orden, que refleja el análisis de las características faciales en términos de su relación espacial, por el componente P200 (Kaufmann & Schweinberger, 2012; Latinus & Taylor, 2006). Por otra parte, el componente N250 refleja la activación de las representaciones faciales almacenadas en memoria, es decir, las FRUs (para una revisión

ver Schweinberger, 2011), y es sensible a la familiaridad de la cara (Schweinberger & Burton, 2003).

La posibilidad de que el propio rostro se procese de forma distintiva ha recibido el apoyo de algunos estudios que encuentran una disociación temprana en la amplitud del componente N170 entre la propia cara y otras (Geng, Zhang, Li, Tao, & Xu, 2012; Keyes et al., 2010), reforzando la idea de que la ventaja en el auto-reconocimiento puede venir dada por un beneficio en la primera etapa de codificación estructural. Sin embargo, la sensibilidad de N170 ante el propio rostro se ha cuestionado recientemente debido a que otros componentes como P200 o N250 han mostrado una modulación más consistente (Pierce et al., 2011; Sui, Zhu, & Han, 2006; Tanaka et al., 2006) pudiendo ser, por tanto, índices más válidos y fiables del procesamiento de la propia cara (Estudillo, 2017). Esta cuestión no es trivial ya que, dependiendo de en qué etapa se produzca un procesamiento diferencial de la propia cara, se podría afirmar que pone en marcha mecanismos neurales específicos y por tanto tiene un procesamiento distintivo o, por el contrario, se procesa como cualquier otra cara familiar.

En este primer estudio se hizo uso del análisis de ERPs para determinar en qué estadio de procesamiento la propia cara empieza a diferenciarse del procesamiento facial convencional, con el objetivo último de averiguar si la propia cara se procesa de una forma particular. Para este fin, diseñamos una tarea simplificada de reconocimiento facial en la que los participantes tenían que discriminar entre su propia cara, la cara de un amigo y una cara desconocida, mientras se registraba su actividad EEG. De acuerdo con la literatura previa, planteamos la hipótesis de que el propio rostro se procesa de manera distintiva desde una etapa temprana de codificación facial. Por lo tanto, esperaríamos encontrar diferencias entre la propia cara y otras caras en torno a los 170-200 ms, que se reflejarían en una modulación de los componentes N170 y/o P200.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Participantes

En este estudio participaron 30 personas ( $22.7 \pm 3.6$  años, media  $\pm$  DE, 12 hombres) que realizaban sus estudios de grado y posgrado en la Universidad Autónoma de Madrid. Sin embargo, solo 25 de ellos formaron parte del análisis final ( $22.7 \pm 3.8$  años; 9 hombres) debido a la baja calidad del registro EEG de algunos participantes, bien por una baja relación señal-ruido, o por tener menos del 70% de ensayos libres de artefactos por condición. Se controló que ningún participante sufriera enfermedades psiquiátricas (como depresión, ansiedad o esquizofrenia) o neurológicas (epilepsia o traumatismos craneoencefálicos pasados), ni estuviera tomando ningún tipo de medicación en el momento de realizar el estudio. Todos los participantes eran sanos, tenían una visión normal o corregida y eran diestros de acuerdo con los criterios del Cuestionario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971). Su participación fue totalmente voluntaria y se hizo bajo el programa PsInvestiga de la Facultad de Psicología de la UAM. Antes de iniciar el estudio, se informó de manera individual a cada participante sobre la dinámica y los detalles del mismo, así como de su derecho a abandonar en cualquier momento, procediendo a continuación a la firma del consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Madrid enmarcado en el proyecto de investigación presentado al inicio de la etapa pre-doctoral, y fue realizado de conformidad con la declaración de Helsinki.

### 2.2. Estímulos

Los estímulos consistieron en caras con tres niveles de identidad. En primer lugar, para el nivel *Yo*, se utilizó la propia cara del participante. Para el nivel *Amigo*, se usó la cara de un amigo con el objetivo de que sirviera de condición control, esto es, que fuera similar a la propia cara en términos de familiaridad. Aunque el nivel de familiaridad de estas dos condiciones no se puede controlar completamente, procuramos que los participantes

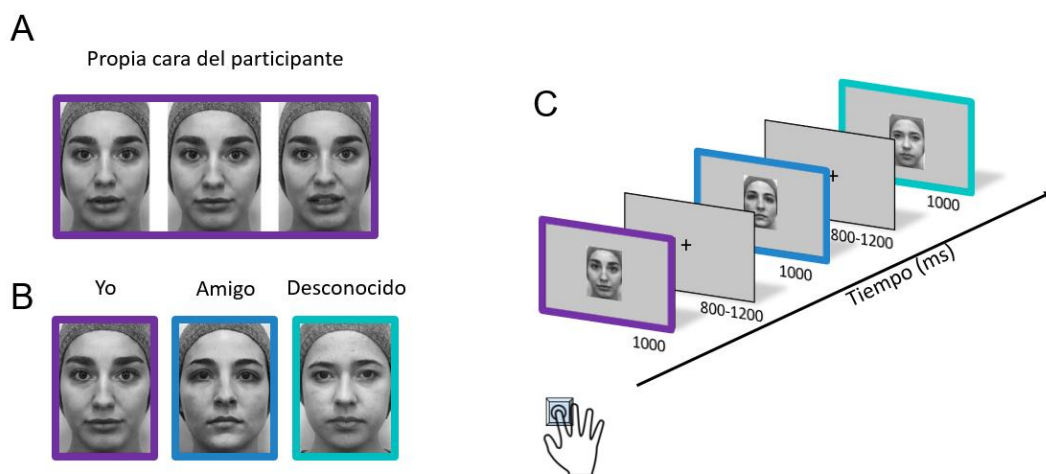
tuvieran un alto grado de experiencia perceptiva y de familiaridad con la cara del amigo. Para ello les pedimos que seleccionaran a un compañero de clase al que conocieran bien y con el que tuvieran un contacto regular durante al menos un año. Por último, para el nivel *Desconocido* se empleó la cara de un extraño, que fue una persona diferente para cada participante.

Para controlar el efecto de usar diferentes estímulos en las distintas condiciones, organizamos el grupo de imágenes de forma tal que la cara de cada participante fue asignada a cada condición una vez (es decir, como cara propia cuando el participante en cuestión realizó la tarea, como la cara de un amigo cuando su amigo realizó el experimento, y como la cara desconocida para otro participante a quien no conocía). Para obtener los estímulos, tomamos fotografías de cada participante (Canon EOS 500D) en un estudio bajo condiciones de iluminación controladas (Neewer®), usando un gorro gris para eliminar de manera natural las características externas (Figura 6A). Para aumentar la variabilidad en la estimulación, se tomaron 15 fotografías diferentes a cada participante, siguiendo el protocolo desarrollado por Devue y colaboradores (2009) y Keyes (2012) (Figura 6B). Una de las fotografías reflejaba una expresión neutra y las restantes se tomaron mientras el participante articulaba varios sonidos del habla; pero siempre controlando que la expresión facial fuera emocionalmente neutra.

Cada fotografía se editó posteriormente usando Adobe Photoshop®. Primero, las imágenes se centraron para evitar que hubiera movimientos oculares de ensayo a ensayo. Esto se consiguió haciendo converger el eje horizontal (definido por la distancia pupila-a-pupila) y la bisección vertical del rostro a través de todas las imágenes. Posteriormente, todas las fotografías se convirtieron a escala de grises y se recortaron hasta conseguir una imagen de 247 x 350 píxeles, que corresponde con un ángulo visual de  $6.8^\circ \times 9.4^\circ$  a una distancia de observación constante de 50 cm. Para controlar las propiedades de bajo nivel de las imágenes, combinamos la luminancia, el contraste y la frecuencia espacial en todas las imágenes mediante SHINE, un paquete de tratamiento de imágenes especializado que se ejecuta en Matlab (Willenbockel, et al., 2010). En el caso de las imágenes de la condición *Yo* se realizó una rotación para presentarlas a los participantes

en la orientación a la que están acostumbrados al verse en el espejo, como se recomienda en la literatura (Brédart, 2003). Algunos ejemplos de los estímulos empleados pueden observarse en la Figura 6 (A, B).

El experimento se llevó a cabo en una habitación amplia, insonorizada y con una luz tenue. La tarea experimental se ejecutó usando Psychtoolbox (Brainard, 1997) y se presentó en una pantalla con una resolución de 1336 x 768 píxeles. Los participantes se sentaron cómodamente en una silla a 50 cm de distancia de la pantalla. Fueron instruidos para identificar y clasificar las imágenes como su propia cara, la de un amigo o la de un desconocido de la manera más rápida y precisa posible. Se utilizó un teclado numérico para proporcionar la respuesta al presionar una tecla dada para cada condición con el dedo índice, medio o anular. La asignación de las teclas se realizó de manera aleatoria para cada participante.



**Figura 6. Estímulos experimentales y procedimiento del Estudio I.** (A) Ejemplos de estímulos faciales de las tres condiciones experimentales (*Yo*, *Amigo*, *Desconocido*). (B) Ejemplos de variación de estímulos para la misma cara. La primera cara muestra una expresión neutra. Las otras dos caras muestran a la misma persona articulando sonidos del habla (se usaron 14 sonidos diferentes). (C) Presentación secuencial de los estímulos faciales durante la tarea.

Antes de comenzar el experimento, los participantes realizaron una sesión de práctica de 24 ensayos (8 estímulos por condición). Para evitar que vieran aún los estímulos que se emplearían para la tarea experimental, las imágenes de las caras se sustituyeron por una cara-modelo en la que las características internas fueron sustituidas por la etiqueta correspondiente ("yo", "amigo" o "desconocido"). La tarea experimental consistió en la presentación secuencial y aleatoria de las imágenes de caras (15 imágenes x 3 condiciones de identidad), mostrándose cada estímulo durante 1000 ms. El intervalo entre estímulos (ISI) fue variando aleatoriamente entre 800 y 1200 ms. Durante el ISI, se mostró una pantalla gris con una cruz de fijación (Figura 6C). El número total de ensayos fue 450 (150 ensayos por condición). Para evitar la fatiga, el experimento se administró en bloques de 3 minutos con pausas breves entre ellos. Se invitó a los participantes a descansar durante las pausas y a permanecer quietos y relajados a lo largo de la tarea. También se les pidió que evitaran en la medida de lo posible el parpadeo de los ojos, especialmente durante el tiempo que las imágenes estaban presentes en la pantalla. La duración del experimento fue de aproximadamente 15 minutos, incluyendo descansos.

### **2.3. Registro de la señal EEG**

La actividad cerebral se registró por medio de un sistema BioSemi de electrodos bioactivos con 128 canales EEG y cinco electrodos externos. Uno de ellos se colocó en la punta de la nariz, como posible electrodo de referencia para el procesamiento posterior. Los cuatro electrodos externos restantes se emplearon para registrar la actividad electrooculográfica (EOG) horizontal y vertical mediante montajes bipolares. Los valores de los electrodos activos se mantuvieron por debajo de 25-30 milivoltios. Los datos fueron digitalizados a una tasa de muestreo de 512 Hz. Durante el registro se aplicó un filtro paso-bajo de 100 Hz.



## 2.4. Análisis de la señal EEG

### 2.4.1. Preprocesamiento

El análisis de datos de EEG se realizó utilizando Fieldtrip (Oostenveld, Fries, Maris, & Schoffelen, 2011) sobre Matlab (R2015a, MathWorks). En primer lugar, la señal EEG fue filtrada por debajo de 40 Hz. Para ello se empleó un filtro paso-bajo de Butterworth de cuarto orden de dos pasadas. Posteriormente, la señal EEG se referenció a la referencia promedio, por ser la más recomendada para el análisis de EEG y ERPs cuando se utiliza una alta densidad de electrodos (Lei & Liao, 2017).

La señal continua se segmentó en épocas que comenzaban 500 ms antes y finalizaban 1000 ms después del inicio del estímulo. Solo los ensayos que los participantes respondieron correctamente se incluyeron en el conjunto de datos. Además, se identificaron y eliminaron manualmente los ensayos que mostraban parpadeos u otros artefactos, como movimiento de cables o actividad muscular. Los participantes con menos del 70% de ensayos libres de artefactos por condición fueron descartados de los análisis posteriores. Este procedimiento dejó aproximadamente el mismo número de ensayos sin artefactos por condición:  $123.5 \pm 15.3$  en la condición *Yo*,  $121.0 \pm 15.7$  ensayos en la condición *Amigo* y  $120.8 \pm 16.3$  ensayos en la condición *Desconocido*. Finalmente, se detectaron canales ruidosos y se interpolaron linealmente en función de la actividad de los electrodos vecinos.

### 2.4.2. Análisis de los ERPs

Los ERPs se calcularon para cada condición y participante. La corrección de línea base se aplicó utilizando un segmento pre-estimular de 500 ms. Con el fin de seleccionar los electrodos y las ventanas de tiempo de interés, calculamos el promedio de todos los participantes y todas las condiciones. La inspección visual de la distribución topográfica de los componentes ERP reveló tres regiones de interés: occipitotemporal derecho (OTD), occipitotemporal izquierdo (OTI) y frontocentral (FC). Para permitir la comparación de

nuestros datos con otros estudios similares, los electrodos que representan cada región se eligieron siguiendo el mismo procedimiento (por ejemplo, Keyes et al., 2010; Kloth, Rhodes, & Schweinberger, 2017). Así, seleccionamos los cinco electrodos con mayor actividad para cada una de las regiones de interés y componente de los ERPs.

De forma similar, para identificar ventanas de tiempo de interés, se obtuvo la latencia media de cada componente en todas las condiciones. La latencia de P100 fue de 111 ms, 161 ms para N170, 217 ms para P200 y 268 ms para el componente N250. Los valores medios de amplitud se extrajeron en ventanas de tiempo de  $\pm 10$  ms alrededor de la latencia media de cada componente. Posteriormente, calculamos la amplitud promedio de cada componente en los electrodos de cada región de interés. Las ventanas de tiempo de interés, así como los electrodos seleccionados para cada región y componente ERP se pueden encontrar de manera resumida en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Ventanas de tiempo y regiones de interés.*

Componentes ERPs	Ventana de tiempo	Región de interés		
		OTD	OTI	FC
P100	101-121 ms	PO8, PO10, PO12, O2, I2	PO7, PO9, PO11, O1, I1	Fz, F1, F2, FCC1, FCC2, FCz, Cz
N170	151-171 ms	TP8, P8, P10, PO10, PO12	TP7, P7, P9, PO9, PO11	Fz, F1, F2, FCC1, FCC2, FCz, Cz
P200	207-227 ms	POO6, PO8, PO10, O2, I2	POO5, PO7, PO9, O1, I1	Fz, F1, F2, FCC1, FCC2, FCz, Cz
N250	258-278 ms	PO4h, POO6, PPO6, PO8, O2	PO3h, POO5, PPO5, PO7, O1	Fz, F1, F2, FCC1, FCC2, FCz, Cz

**Nota.** La tabla muestra las ventanas de tiempo y los electrodos seleccionados para cada componente ERP y región de interés (OTD, occipitotemporal derecho; OTI, occipitotemporal izquierdo; FC, frontocentral, FC).

### 2.4.3. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con SPSS 15.0.

El desempeño de los participantes en la tarea de reconocimiento facial se evaluó mediante un análisis de varianza con medidas repetidas (ANOVA) para un factor con tres niveles (*Yo*, *Amigo* y *Desconocido*). Se quiso comprobar de esta manera el efecto de la identidad sobre la tasa de aciertos y el tiempo de respuesta.

Por otra parte, se realizó un ANOVA de medidas repetidas para dos factores 3 x 3 con el fin de comprobar estadísticamente el efecto de la identidad de la cara (cara del *Yo*, *Amigo* y *Desconocido*) y de la región de interés (OTD, OTI, FC) sobre la amplitud de cada componente de los ERPs.

Además, realizamos dos análisis complementarios para descartar los posibles efectos de confusión del género y del tiempo de respuesta. El primer análisis consistió en un análisis de covarianza (ANCOVA) con medidas repetidas, tomando identidad de la cara y región de interés como factores, y género como covariable. El segundo análisis tuvo como objetivo probar otro posible efecto de confusión: la posibilidad de que los ensayos con tiempos de respuesta (TR) más rápidos difirieran en la amplitud de P200 de los ensayos con respuestas más lentas. Para hacerlo, dividimos los ensayos de cada condición en dos grupos usando el percentil 50 de TR de cada participante como punto de corte (TR rápidos < Pc50, TR lentos > Pc50). Luego realizamos un ANOVA tomando el tiempo de respuesta, la identidad de la cara y la región de interés como factores.

La corrección de Greenhouse-Geisser se aplicó en los casos en los que el principio de esfericidad no se cumplió. Para identificar diferencias específicas entre condiciones se realizaron comparaciones post-hoc por pares. Finalmente, para estimar los tamaños del efecto se utilizó la  $\eta^2_p$  cuando se realizaron ANOVAs, o bien el estadístico  $d$  de Cohen, aplicando la corrección de sesgo, cuando se realizaron comparaciones de medias (Cumming, 2013).

### 3. Resultados

#### 3.1. Resultados conductuales

El análisis de los datos conductuales mostró que los participantes se involucraron en la tarea, como indica la alta tasa de aciertos en la tarea de reconocimiento (media  $\pm$  DE en todas las condiciones  $94.2 \pm 2.5\%$ ). Las condiciones experimentales (*Yo*, *Amigo*, *Desconocido*) no difirieron en la precisión de las respuestas ( $F_{(2, 48)} = .796$ ;  $p = .383$ ,  $\eta^2_p = .032$ ).

Sin embargo, el ANOVA sí mostró un efecto significativo de la identidad facial en los TR ( $F_{(2, 48)} = 6.861$ ;  $p = .003$ ,  $\eta^2_p = .222$ ). Las comparaciones por pares revelaron que los TR fueron más rápidos al reconocer el propio rostro ( $542 \pm 10$  ms) que la cara conocida ( $570 \pm 10$  ms;  $t_{(24)} = -3.172$ ,  $p = .004$ , 95% CI [-.045, -.009],  $d = .614$ ) o que la cara desconocida ( $562 \pm 8$  ms;  $t_{(24)} = -2.684$ ,  $p = .013$ , 95% CI [-.034, -.004],  $d = .519$ ).

#### 3.2. Resultados de EEG

##### 3.2.1. Componente P100

El ANOVA de medidas repetidas para dos factores reveló que la amplitud del componente P100 no difirió entre las condiciones de identidad facial ( $F_{(2, 48)} = 0.131$ ,  $p = .826$ ,  $\eta^2_p = .005$ ). La interacción entre la identidad de la cara y la región de interés tampoco arrojó resultados significativos ( $F_{(4, 96)} = 0.237$ ,  $p = .851$ ,  $\eta^2_p = .010$ ). Estos resultados sugieren que las propiedades visuales de bajo nivel de los estímulos (p.ej. luminancia, brillo) se controlaron adecuadamente entre las distintas condiciones experimentales.

##### 3.2.2. Componente N170

Como se puede observar en la Figura 7, la amplitud de N170 no fue diferente para los distintos tipos de identidad facial ( $F_{(2, 48)} = 1.123$ ,  $p = .331$ ,  $\eta^2_p = .045$ ). De manera similar,

la interacción entre la identidad de la cara y la región de interés no resultó significativa ( $F_{(4, 96)} = 1.714, p = .170, \eta^2_p = .067$ ).

### 3.2.3. Componente P200

Por el contrario, la amplitud del componente P200 sí mostró un efecto principal significativo de la identidad facial ( $F_{(2, 48)} = 9.689, p < .001, \eta^2_p = .288$ ), así como una interacción significativa identidad facial x región de interés ( $F_{(4, 96)} = 10.892, p < .001, \eta^2_p = .312$ ), que puede explicarse por la inversión de las diferencias en los electrodos de la región frontocentral en comparación con las regiones occipitotemporales (ver Figura 7).

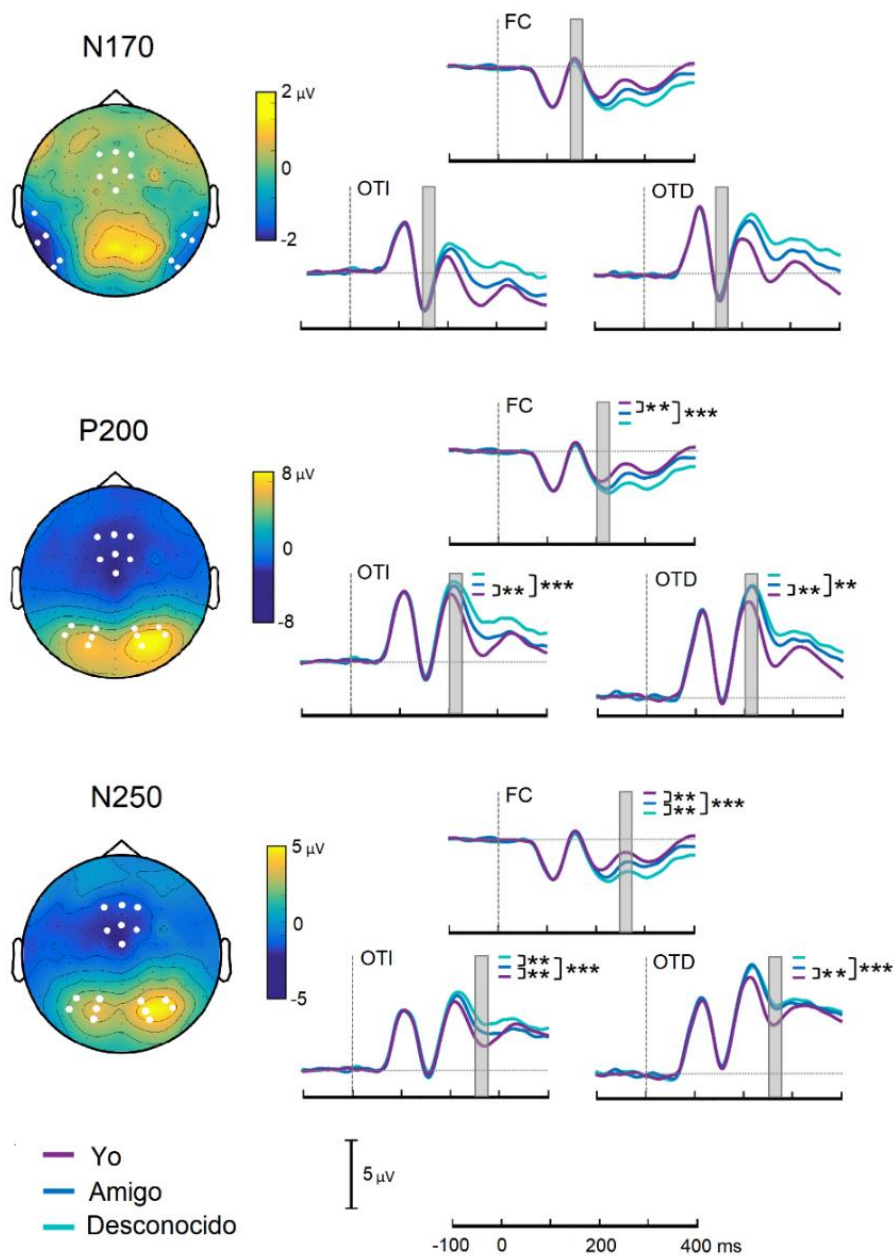
Los análisis post-hoc revelaron que la amplitud del componente P200 fue menor cuando se reconoció el *Yo* en comparación con el *Amigo* (OTD:  $t_{(24)} = -3.041, p = .006, 95\% \text{ CI } [-1.977, -3.78]$ ;  $d = .588$ ; OTI:  $t_{(24)} = -3.517, p = .002, 95\% \text{ CI } [-1.416, -3.69]$ ,  $d = .681$ ; FC:  $t_{(24)} = 2.915, p = .008, 95\% \text{ CI } [.160, .940]$ ,  $d = .564$ ) y el *Desconocido* (OTD:  $t_{(24)} = -4.005, p = .001, 95\% \text{ CI } [-2.046, -.654]$ ,  $d = .775$ ; OTI:  $t_{(24)} = -4.193, p < .001, 95\% \text{ CI } [-1.953, -.664]$ ,  $d = .811$ ; FC:  $t_{(24)} = 4.920, p < .001, 95\% \text{ CI } [.482, 1.180]$ ,  $d = .952$ ). Como muestran las comparaciones por pares, estas diferencias se observaron en todas las regiones de interés.

### 3.2.4. Componente N250

De forma similar a los resultados encontrados para el componente P200, el ANOVA de dos factores reveló un efecto principal significativo de la identidad facial ( $F_{(2, 48)} = 5.459, p < .001, \eta^2_p = .277$ ) y una interacción significativa entre identidad facial y región de interés ( $F_{(2, 48)} = 15.946, p < .001, \eta^2_p = .413$ ).

Los análisis por pares mostraron diferencias significativas para las tres regiones de interés entre la condición *Yo* y las demás condiciones: *Amigo* (OTD:  $t_{(24)} = -3.471, p = .002, 95\% \text{ CI } [-1.559, -.396]$ ,  $d = .672$ ; OTI:  $t_{(24)} = -3.288, p = .003, 95\% \text{ CI } [-1.365, -.312]$ ,  $d = .636$ ; FC:  $t_{(24)} = 3.046, p = .006, 95\% \text{ CI } [.184, .957]$ ,  $d = .589$ ) y *Desconocido* (OTD:  $t_{(24)} = -4.767, p < .001, 95\% \text{ CI } [-1.870, -.740]$ ,  $d = .922$ ; OTI:  $t_{(24)} = -4.50, p < .001, 95\% \text{ CI } [-2.240,$

-.831],  $d = .870$ ; FC:  $t_{(24)} = 6.421$ ,  $p < .001$ , 95% CI [.898, 1.749],  $d = 1.244$ ). Además, las regiones occipitotemporal izquierda y frontocentral mostraron diferencias adicionales entre las condiciones *Amigo* y *Desconocido* (OTI:  $t_{(24)} = -2.570$ ,  $p = .017$ , 95% CI [-1.257, -.137],  $d = .496$ ; FC:  $t_{(24)} = 3.949$ ,  $p = .001$ , 95% CI [.359, 1.146],  $d = .764$ ); ver la Figura 7.



**Figura 7. ERPs y topografías para los componentes N170, P200 y N250 del Estudio I.** Cada panel muestra la distribución topográfica y el gran promedio de los componentes N170, P200 y N250, para cada condición experimental (*Yo*, *Amigo* y *Desconocido*). Los electrodos seleccionados para cada región de interés están representados en blanco. Las diferencias significativas aparecen indicadas de la siguiente manera: \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

### 3.2.5. Análisis adicionales

Se realizaron dos análisis adicionales para descartar posibles efectos de confusión.

Primero, probamos la posibilidad de que el género hubiese afectado a nuestros resultados. El ANCOVA para dos factores mostró que no había un efecto principal significativo de género para ningún componente de los ERPs, con la excepción del componente N170 (P100:  $F_{(1, 23)} = 0.087$ ,  $p = .770$ ,  $\eta^2_p = .004$ ; N170:  $F_{(1, 23)} = 7.201$ ,  $p = .013$ ,  $\eta^2_p = .238$ ; P200:  $F_{(1, 23)} = 4.113$ ,  $p = .054$ ,  $\eta^2_p = .152$ ; N250:  $F_{(1, 23)} = 1.976$ ,  $p = .173$ ,  $\eta^2_p = .079$ ). Además del efecto principal del género, la amplitud de N170 también mostró una interacción significativa identidad facial x género ( $F_{(2, 46)} = 3.633$ ,  $p = .040$ ,  $\eta^2_p = .136$ ). Con el fin de dilucidar aún más la naturaleza de este efecto, se realizaron comparaciones por pares. Estos revelaron que, en las mujeres, la amplitud del componente N170 fue diferente entre la condición *Yo* y *Amigo*, aunque esta diferencia se limitaba a la región occipitotemporal derecha ( $t_{(15)} = -3.116$ ,  $p = .007$ , 95% CI [-1.124, -.211],  $d = .603$ ). La amplitud de N170 no difirió en otras regiones de interés (OTI:  $t_{(15)} = -1.059$ ,  $p = .306$ , 95% CI [-1.003, .337],  $d = .204$ ; FC:  $t_{(15)} = .722$ ,  $p = .481$ , 95% CI [-.250, .507],  $d = .139$ ). Además, no se encontraron diferencias significativas entre la condición *Yo* y *Desconocido* en ninguna región de interés (OTD:  $t_{(15)} = -1.978$ ,  $p = .067$ , 95% CI [-.994, .037],  $d = .382$ ; OTI:  $t_{(15)} = -1.831$ ,  $p = .087$ , 95% CI [-1.308, .099],  $d = .354$ ; FC:  $t_{(15)} = 1.404$ ,  $p = .181$ , 95% CI [-.120, .584],  $d = .271$ ). Finalmente, ninguna de estas comparaciones resultó significativa en los participantes masculinos ( $t_{(8)} < 1.66$ ,  $p > .13$ ,  $d = .321$ ). Tomados en conjunto, estos resultados indican que la amplitud de N170 podría modularse en mujeres al identificar su propio rostro. Sin embargo, este efecto no fue muy robusto, ya que apareció aisladamente en una región de interés y solo entre la propia cara y la del amigo, y no entre la propia cara y la cara desconocida, como cabría esperar.

El segundo análisis adicional tuvo como objetivo probar el posible efecto de confusión del tiempo de respuesta en la amplitud del componente P200. Como los tiempos de respuesta fueron más rápidos para identificar la propia cara, cabe la posibilidad de que el efecto que observamos en el componente P200 en la condición *Yo* estuviera



relacionado con el tiempo de respuesta del participante en lugar de con la identidad de la cara. Para hacer esta comprobación realizamos un ANOVA con tres factores (tiempo de respuesta, identidad de la cara y región de interés). Como era de esperar, el ANOVA reprodujo los efectos significativos de la identidad facial y de su interacción con la región de interés ( $p < .001$ ). Sin embargo, ni el efecto principal del tiempo de respuesta ( $F_{(1, 24)} = 0.472, p = .499, \eta^2_p = .019$ ) ni su interacción con los otros factores (TR x identidad de la cara:  $F_{(2, 48)} = 1.743, p = .190, \eta^2_p = .068$ ; TR x identidad x ROI:  $F_{(4, 96)} = 1.084, p = .369, \eta^2_p = .043$ ) alcanzaron significación estadística. Estos resultados sugieren que los efectos encontrados en la amplitud de P200 no se pueden explicar por las diferencias entre condiciones en los tiempos de respuesta.

#### 4. Discusión

Este estudio tuvo como objetivo determinar si el propio rostro tiene un procesamiento distintivo. Para ello, quisimos investigar si el procesamiento diferencial de la propia cara surge en etapas tempranas, relacionadas con su codificación perceptiva, o en etapas más tardías, involucradas en extraer la identidad facial en relación con su familiaridad. En el primer caso, esperaríamos un procesamiento diferencial temprano de la propia cara en torno a los 170-200 ms, momento en el que se detecta y codifica estructuralmente la cara, como reflejan los componentes N170 y P200 (Eimer et al., 2011; Latinus & Taylor, 2006). Sin embargo, en el segundo caso, solo esperaríamos diferencias en una etapa posterior del procesamiento alrededor de los 250 ms, tras acceder a las representaciones faciales almacenadas en las FRUs en función de su nivel de familiaridad (Schweinberger, 2011).

Nuestros resultados de actividad cerebral evocada revelaron una disociación entre el procesamiento de la propia cara y otras caras, tanto familiares como desconocidas, en una etapa temprana del procesamiento. Sin embargo, las diferencias no se observaron en las primeras fases de la codificación perceptiva, sino en el componente P200, que apareció alrededor de los 200 ms. Aproximadamente 50 ms más tarde, los tres tipos de estímulos faciales divergieron en función de su grado de familiaridad, lo que se reflejó en

diferencias en la amplitud del componente N250. Estas diferencias en la actividad cerebral fueron corroboradas por los resultados conductuales, que replicaron la ventaja en el procesamiento del yo; es decir, los tiempos de respuesta en la tarea de reconocimiento facial fueron significativamente más rápidos para la propia cara.

#### **4.1. N170 y la codificación facial**

Uno de los principales resultados de este estudio es que el componente N170 no se vio modulado ante la propia cara, evidencia que coincide con otros estudios de ERPs que apuntan en esta misma línea (Pierce et al., 2011; Sui et al., 2006; Tanaka et al., 2006). Este resultado apoya la visión general de que el componente N170 no es sensible a la familiaridad de la cara (Bentin et al., 1996; Bentin & Deouell, 2000; Eimer, 2000b; Jemel, Pisani, Calabria, Crommelinck, & Bruyer, 2003), sino que la familiaridad se detecta en estadios más tardíos, en torno a los 250 ms (N250; Gosling & Eimer, 2011; Tanaka et al., 2006). A su vez, nuestro hallazgo respaldaría la idea comúnmente aceptada de que el componente N170 refleja un mecanismo neuronal responsable de detectar, y no tanto de identificar, una cara (Bentin et al., 1996). En resumen, nuestros resultados indican que el procesamiento del propio rostro no se diferencia cualitativamente del procesamiento de otros rostros en la etapa más temprana de codificación estructural de la cara.

Sin embargo, en contraste con nuestros resultados, algunos estudios de ERPs sí han encontrado una mayor amplitud de N170 cuando se procesa la propia cara en comparación con otras caras (Geng et al., 2012; Keyes et al., 2010). El componente N170 se ha vinculado al procesamiento de las propiedades globales o de configuración de la cara (Eimer et al., 2011), lo que ha llevado a estos autores a interpretar la mayor amplitud de N170 como un signo temprano de experiencia perceptual o como un proceso de codificación estructural diferencial para la propia cara.

Creemos que la discrepancia entre nuestros resultados y los de estudios anteriores podría explicarse por diferencias metodológicas entre experimentos. Por ejemplo, Keyes et al. (2010) presentaron el rostro del propio participante, el de un amigo y el de un extraño

con diferentes expresiones faciales. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, en su tarea experimental los participantes debían indicar si dos imágenes secuenciales presentaban la misma o diferente expresión, por lo que el reconocimiento facial en este estudio tuvo lugar de forma encubierta, implícita. Es posible que para realizar esta tarea los participantes adoptaran una estrategia perceptiva más analítica que les permitiera detectar diferencias sutiles entre los estímulos, lo que podría haber afectado a la codificación facial y, en consecuencia, al componente temprano N170, cuya amplitud es sensible a las expresiones faciales (Hinojosa, Mercado, & Carretié, 2015).

Por otra parte, Geng y colaboradores (2012) también encontraron diferencias en la amplitud de N170 entre la propia cara y una cara famosa en electrodos occipitoparietales. Sin embargo, profundizando en la metodología de análisis de los ERPs se puede ver que la amplitud del componente N170 se calculó en una ventana de tiempo de 140 a 240 ms. A nuestro juicio, esta ventana de interés es demasiado extensa, pues comprendería no solo posibles efectos en el componente N170, sino también los que pudiera haber alrededor del componente P200. Como consecuencia, posibles modulaciones provocadas por la propia cara en la latencia de P200, como las encontradas en nuestro estudio, se podrían haber confundido con efectos muy tempranos en N170.

Por último, aunque en la muestra general no encontramos ningún efecto de la identidad de la cara en el componente N170, un análisis de control posterior reveló una posible modulación de la amplitud de N170 por la variable género. Encontramos que las mujeres exhibían una mayor amplitud del componente N170 al identificar su propia cara en comparación con la cara de un amigo. Sin embargo, el efecto fue débil, ya que se restringió a la región occipitotemporal derecha, y no diferenció entre rostros propios y desconocidos como cabría esperar. Estudios anteriores con una relación hombre / mujer similar a la empleada aquí han encontrado resultados inconsistentes (por ejemplo, efectos tempranos en el componente N170 en Keyes et al. (2010), y efectos tardíos en N250 en Pierce et al. (2011). Por lo tanto, es poco probable que las discrepancias entre estudios puedan atribuirse a un efecto de confusión de la variable género. No obstante, el efecto

del género en el componente N170 es un hallazgo intrigante que merece ser objeto de una investigación más detallada en el futuro.

#### **4.2. P200 y el procesamiento distintivo de la propia cara**

Nuestros resultados revelaron que el procesamiento distintivo de la propia cara surge alrededor de los 200 ms. Este efecto del yo se refleja en una reducción de la amplitud del componente P200 para el procesamiento de la propia cara en comparación con otras caras, ya sean familiares o desconocidas.

El papel de P200 en el reconocimiento del propio rostro ha sido eludido por la mayoría de investigaciones previas, que se han centrado en el estudio de los componentes N170 y N250. Solo recientemente se ha enfatizado la importancia que este componente tiene en el auto-reconocimiento (Estudillo, 2017). Como señala Estudillo (2017), y en línea con nuestros resultados, un gran número de estudios muestran de manera consistente una menor amplitud de P200 para la propia cara en comparación con otras caras, a pesar de que la mayoría no describen formalmente este efecto (p.ej. Butler, Mattingley, Cunnington, & Suddendorf, 2013; Caharel et al., 2007; Caharel, Courtay, Bernard, Lalonde, & Rebaï, 2005; Gunji, Inagaki, Inoue, Takeshima, & Kaga, 2009; Keyes et al., 2010; Parketny, Towler, & Eimer, 2015; Tanaka et al., 2006).

De acuerdo con la literatura sobre procesamiento facial, se considera que el componente occipitotemporal P200 refleja la codificación de la configuración espacial de segundo orden de una cara, es decir la relación espacial existente entre rasgos faciales (por ejemplo, la distancia entre los ojos). Su amplitud refleja la medida en la que esta configuración es similar a un prototipo existente (Latinus & Taylor, 2006; ver Schweinberger & Neumann, 2016 para una revisión). Así, a mayor amplitud del componente P200, mayor es la correspondencia entre la cara percibida y la cara canónica que guardamos en memoria (también llamada cara promedio) en términos de configuración espacial. Por lo tanto, una amplitud menor de P200 podría indicar que la propia cara es percibida como diferente de una cara canónica; haciendo especial énfasis

en que esta incongruencia sería puramente perceptiva, y no necesariamente objetiva, tal y como indican Schweinberger y Neumann (2016). Esta interpretación es compatible con estudios que demuestran nuestra incapacidad para estimar las relaciones espaciales existentes en nuestro propio rostro. En particular, estos estudios han mostrado un sesgo sistemático en los juicios sobre la ubicación de los rasgos faciales, lo que resulta en una representación distorsionada de nuestra propia cara (Fuentes, Runa, Blanco, Orvalho, & Haggard, 2013; Greenberg & Goshen-Gottstein, 2009).

El efecto en el componente P200 encontrado en el presente estudio también se ha observado en un estudio sobre familiaridad facial, con amplitudes menores para P200 en zonas frontocentrales y temporales a medida que aumenta el grado de familiaridad (Caharel et al., 2002). Sin embargo, es importante destacar que estos autores utilizaron las caras de los propios participantes como la cara más familiar de todas, confundiendo así los posibles efectos del yo con el efecto de familiaridad. En ese mismo estudio, la menor amplitud de P200 observada para la propia cara se relacionó con una menor demanda de recursos atencionales (Tong & Nakayama, 1999). De hecho, se considera que P200 es un componente modulado por la atención, de manera que un mayor reclutamiento de la atención se refleja en mayores valores de amplitud (Carretié, Hinojosa, Martín-Loeches, Mercado, & Tapia, 2004; Carretié, Martín-Loeches, Hinojosa, & Mercado, 2001; Chen et al., 2011). Por lo tanto, una visión alternativa, sería que el procesamiento de la propia cara se caracteriza en esta etapa temprana por unos menores requerimientos de control atencional (Humphreys & Sui, 2016; Sui & Gu, 2017).

Recapitulando, la disminución de amplitud del componente P200 ante la propia cara podría deberse bien a nuestra percepción sobre su grado de prototipicalidad (Schweinberger & Neumann, 2016), bien a un mecanismo de atención específico del yo (Humphreys & Sui, 2016). Aunque las dos interpretaciones son factibles, nos decantamos por la segunda, apoyándonos en la evidencia de que la ventaja en el procesamiento del yo no se limita a los rostros, sino que está vinculada de manera más amplia a la información relacionada con uno mismo (por ejemplo, el nombre propio). En resumen, sugerimos que la percepción de la propia cara requiere un despliegue menor de recursos

atencionales en etapas tempranas del procesamiento en comparación con otras caras (Wozniak et al., 2018). De hecho, este ahorro de recursos cognitivos podría estar detrás de la ventaja conductual que se observa en los procesos de auto-identificación.

### **4.3. N250 y la familiaridad**

Además del efecto del yo que observamos en el componente P200, también encontramos diferencias entre el procesamiento de la propia cara y otras caras en el componente N250. Concretamente, la amplitud del componente N250 fue mayor al reconocer la propia cara. Nuestros análisis también revelaron un efecto de familiaridad en la región occipitotemporal izquierda y frontocentral, reflejado en un aumento de la amplitud del componente N250 a medida que aumentaba el grado de familiaridad de la cara (es decir, *Yo* > *Amigo* > *Desconocido*). Estos resultados se encuentran en línea con Keyes et al. (2010), quienes también encontraron una modulación del componente N250 en función de la familiaridad de la cara.

Mientras que el componente P200 refleja la integración de la información estructural para formar una representación perceptiva, el componente N250 refleja el proceso mediante el que se compara esta representación con caras vistas anteriormente. Por ello, el componente N250 se ha vinculado más directamente con el reconocimiento facial. Investigaciones previas han demostrado que N250 es sensible no solo a la familiaridad de los rostros, sino también a otros elementos familiares, como un perro o un automóvil (Miyakoshi, Kanayama, Iidaka, & Ohira, 2010; Pierce et al., 2011). Por tanto, de manera general, se considera que el componente N250 refleja el acceso a las representaciones preexistentes almacenadas en la memoria, presentando una mayor magnitud para los rostros más conocidos (ver Burton et al., 2011 para una revisión sobre la representación mental de caras familiares; Miyakoshi et al., 2010; Miyakoshi, Kanayama, Nomura, Iidaka, & Ohira, 2008; Pierce et al., 2011; Schweinberger & Burton, 2003; Tanaka et al., 2006). En línea con esta evidencia, la mayor amplitud de N250 para la propia cara observada en el presente experimento podría indicar una mayor activación de las unidades de

reconocimiento facial (FRUs), lo que a su vez facilitaría el acceso posterior a la identidad de la cara (es decir, a los nodos de identidad de la persona, PINs). Proponemos que esta activación facilitada de las FRUs también puede explicar, al menos en parte, la ventaja en el auto-reconocimiento.

Curiosamente, un estudio reciente (Andrews, Burton, Schweinberger, & Wiese, 2017) ha demostrado que los efectos de familiaridad comienzan un poco antes que el rango de tiempo de N250 para los rostros más familiares (por ejemplo, famosos en comparación con rostros recién aprendidos). Esto parece indicar un acceso más eficiente a las FRUs a medida que aumenta la experiencia con una identidad facial específica. De manera similar, podría argumentarse que el efecto de familiaridad podría comenzar incluso antes en el caso de nuestra propia cara (es decir, en el rango de tiempo de P200 en lugar de N250, como encontramos en el presente estudio). Según esta interpretación, nuestro propio rostro no sería un estímulo facial cualitativamente diferente, sino simplemente uno muy familiar. Sin embargo, en un estudio posterior Woźniak y colaboradores (2018) han demostrado efectos específicos en los ERPs para la propia cara que no pueden ser explicados por la familiaridad. Estos investigadores pidieron a los participantes que asociaran rostros recién aprendidos con el yo, un amigo o un desconocido. De manera similar a nuestros resultados en P200, estos autores encontraron una amplitud reducida para la propia cara alrededor de los 200 ms en localizaciones anteriores (correspondiente a nuestra región de interés frontocentral). Y, lo que es más interesante, este efecto no podía atribuirse a la familiaridad, ya que todos los rostros eran igualmente desconocidos al principio del experimento. Por lo tanto, y en línea con los modelos recientemente propuestos (Humphreys, & Sui, 2016; Sui, & Gu, 2017), sugerimos que el efecto encontrado en el componente P200 en nuestro estudio está más fuertemente relacionado con la idiosincrasia del yo y sus mecanismos de control atencional que con la familiaridad del estímulo.

## 5. Conclusión

En conclusión, los resultados de este primer estudio demuestran que nuestra propia cara tiene un procesamiento neural distintivo y, por lo tanto, no debería considerarse meramente como una cara muy familiar. Además, un hallazgo fundamental de este experimento es que el procesamiento diferencial de la propia cara no surge en la etapa más temprana de la codificación facial, como se pensaba previamente (componente N170); sino en una etapa posterior de análisis relacionada con la puesta en marcha de mecanismos perceptivos o atencionales (componente P200, ~200 ms). Por lo tanto, proponemos que el componente P200, que ha sido comúnmente pasado por alto en investigaciones anteriores, es un índice neural del auto-reconocimiento. A diferencia de P200, no encontramos una modulación específica del propio rostro en el siguiente componente (N250), sino un efecto más general de familiaridad. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes en el diseño e interpretación de estudios sobre familiaridad facial (en los que se suele utilizar el propio rostro del participante como cara muy familiar) ya que la propia cara tiene un procesamiento temprano distintivo, diferente del resto.



# Capítulo 5

Estudio II: Estrategias perceptivas en  
el procesamiento de la propia cara



## 1. Introducción

Cuando percibimos una cara, esta es más que la suma de sus partes, es un todo integrado que se obtiene como resultado del procesamiento global u holístico al que la sometemos (Tanaka & Gordon, 2011). Este tipo de procesamiento ha demostrado ser el más eficiente a la hora de extraer la identidad de una cara (Richler et al., 2011) y se ha relacionado con la mayor implicación del hemisferio derecho en el reconocimiento facial (McCarthy et al., 1997). Sin embargo, cuando la cara se presenta en una orientación invertida, el procesamiento holístico se ve afectado y nos vemos forzados a utilizar una estrategia de reconocimiento más analítica. Esta se basa en extraer información local de la cara, como la forma de la boca o el color de los ojos, y requiere una mayor implicación del hemisferio izquierdo (Rossion & Gauthier, 2002). Como consecuencia del cambio en el estilo de procesamiento, la inversión dificulta el reconocimiento facial, lo que se manifiesta conductualmente en unos tiempos de respuesta más lentos, así como en un aumento de la latencia y la amplitud del componente N170 a nivel neural; lo que se conoce como *efecto de inversión* (Eimer, 2000; Rossion et al., 2000; Sagiv & Bentin, 2001).

Una de las características singulares del propio rostro es que su reconocimiento parece verse menos afectado por la inversión que otras caras familiares (Keyes, 2012; Keyes & Brady, 2010). Este hecho ha llevado a pensar que la propia cara podría tener una representación neural más bilateral, esto es, rica en información facial tanto global como local (Keyes & Brady, 2010) como resultado de la experiencia perceptiva diferencial que tenemos con ella (Kircher et al., 2001; Sugiura et al., 2005; Taylor et al., 2009). Según este planteamiento (Brédart, 2003; Fuentes et al., 2013; Keyes & Brady, 2010), el procesamiento que solemos hacer de una cara tiene como fin identificarla, por lo que se utiliza una estrategia holística. En cambio, el procesamiento que haríamos de nuestra propia cara no respondería a este objetivo, sino a otros más relacionados con el arreglo diario y la detección de ciertos detalles faciales como hacemos, por ejemplo, al mirarnos a un espejo. Y para esto haríamos uso de una estrategia perceptiva más analítica. Al contrario de lo que sucede con la información global, el reconocimiento de características faciales

aisladas no se perturba ante la inversión (Rhodes, 1993). Por tanto, un uso adicional de claves locales a la hora de procesar el propio rostro podría explicar por qué la ventaja en el auto-reconocimiento persiste incluso cuando la cara se presenta en posición invertida (Keyes & Brady, 2010).

Este planteamiento recibe apoyo de estudios con pacientes con cerebro escindido (*split-brain*) (Turk et al., 2002; Uddin, Rayman, & Zaidel, 2005) que señalan al hemisferio izquierdo como responsable del auto-reconocimiento (Brady, Campbell, & Flaherty, 2004), así como estudios de neuroimagen (Devue & Brédart, 2011; Kircher et al., 2001; Northoff et al., 2006) que evidencian la implicación de ambos hemisferios durante el procesamiento del yo. También se ha relacionado con los resultados obtenidos en algunos estudios de EEG que apuntan a una modulación de los componentes tempranos N170 y P200 ante la propia cara (Geng et al., 2012; Keyes et al., 2010) que, como comentábamos en el capítulo anterior, están implicados en la codificación y análisis estructural.

Sin embargo, el planteamiento de que la propia cara se beneficia de un procesamiento más analítico presenta varios puntos débiles. Por una parte, la extensa red bilateral que se activa ante la propia cara puede expresar un procesamiento basado en ambos tipos de información perceptiva (global y local), pero también la puesta en marcha de una compleja red atencional que guarda relación con el yo (Humphreys & Sui, 2016). Por otra parte, y en línea con los resultados de nuestro primer estudio, el componente N170 no siempre muestra sensibilidad ante la propia cara, como sí sucede en el caso de P200 (Estudillo, 2017), un componente modulado por factores no solo perceptivos, sino también atencionales (Carretié et al., 2004, 2001; Chen et al., 2011). Por lo tanto, cabe la posibilidad de que el procesamiento distintivo de la propia cara en etapas tempranas dependa de la puesta en marcha de estrategias perceptivas analíticas, aunque también podría deberse a la acción de mecanismos atencionales específicos del procesamiento del yo. Esta cuestión se podría dilucidar, precisamente, investigando si la propia cara es resistente al efecto de inversión. Aunque un estudio previo ha demostrado que la propia

cara es más resistente al efecto de inversión conductualmente (Keyes & Brady, 2010), no nos consta que este fenómeno se haya estudiado a nivel neural.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar si el procesamiento diferencial de la propia cara en etapas tempranas está relacionado con una estrategia de procesamiento analítica, en comparación con el procesamiento holístico que suele darse durante la percepción facial general. De ser así, la propia cara debería ser más resistente al efecto de inversión que otras caras conocidas. Para ello, utilizamos una tarea de reconocimiento facial donde se mostró la propia cara del participante y la de un amigo, a modo de control, orientadas en posición derecha e invertida. Dada la mayor resistencia al efecto de inversión que muestra la propia cara a nivel conductual (Keyes & Brady, 2010), hipotizamos que la amplitud y la latencia del componente N170 deberían verse moduladas en menor medida ante la inversión de la propia cara en comparación con una cara familiar.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Participantes**

En este experimento participaron 19 estudiantes de grado y posgrado de la Universidad Autónoma de Madrid ( $22.5 \pm 3.9$  años, media  $\pm$  DE, 7 hombres). Todos ellos eran participantes sanos, tenían una visión normal o corregida y eran diestros, según el Cuestionario de Lateralidad de Edimburgo (Oldfield, 1971). Sin embargo, debido a la baja calidad del registro EEG (una baja relación señal-ruido o menos del 70% de ensayos libres de artefactos), se descartaron tres participantes en el proceso de análisis de datos, por lo que la muestra final estuvo compuesta por 16 participantes ( $22.2 \pm 3.8$  años; 5 hombres). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Madrid y realizado de conformidad con la declaración de Helsinki. La participación en este estudio fue completamente voluntaria. Se obtuvieron los consentimientos informados por escrito

de todos los participantes antes de iniciar el experimento y se les informó de su derecho a renunciar en cualquier momento.

## 2.2. Estímulos

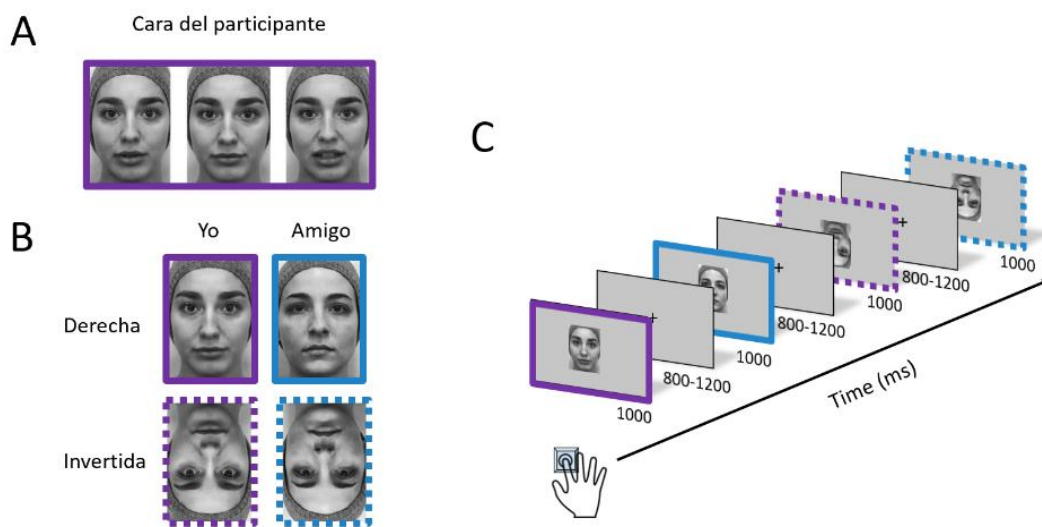
Los estímulos consistieron en fotografías de caras con dos niveles de identidad y dos orientaciones. Los niveles de identidad fueron *Yo*, la propia cara, y *Amigo*, la cara de un amigo que, como en el Estudio I, hacía referencia a un compañero de clase con quien tuvieran contacto regular y a quien conocieran durante al menos un año. Por otra parte, los niveles de la variable orientación fueron *Derecha*, mostrando la imagen en posición normal, e *Invertida*, rotada hacia abajo.

Las imágenes que formaron parte de los estímulos se obtuvieron y editaron siguiendo el mismo procedimiento que el descrito en el Estudio I. En esta ocasión, las imágenes se guardaron en la orientación original para la condición *Derecha*, y en posición invertida en la condición *Invertida*. De manera similar, en el caso de las imágenes de la condición *Yo* se realizó una rotación adicional para presentarlas a los participantes en orientación especular (Brédart, 2003). En la Figura 8 (A, B) pueden observarse ejemplos de los estímulos que se emplearon en las cuatro condiciones experimentales.

El experimento se llevó a cabo procediendo de la misma manera que en el Estudio I, salvo que esta vez se les pidió a los participantes que identificaran su propia cara y la de un amigo de la manera más rápida y precisa posible. El participante tenía que dar su respuesta presionando la tecla asignada a cada condición con el dedo índice o medio. La correspondencia de las teclas con cada identidad fue aleatorizada para cada participante.

Con el objetivo de que los participantes interiorizaran las teclas de respuesta y entendieran la dinámica de la tarea, realizaron una sesión de práctica de 32 ensayos (8 estímulos por condición) antes de comenzar el experimento. Para esta sesión, usamos una cara-modelo en la que las características internas fueron sustituidas por una etiqueta ("yo" o "amigo").

En la tarea experimental se utilizaron un total de 420 ensayos (105 por condición) repartidos en bloques de tres minutos de duración, momento en el que se realizaba un pequeño descanso. En conjunto, el experimento duró aproximadamente 17 minutos en los que las distintas imágenes faciales (15 imágenes x 2 condiciones de identidad x 2 orientaciones) iban apareciendo de manera secuencial y aleatoria durante un periodo fijo de 1000 ms. El intervalo entre estímulos se modificó aleatoriamente ensayo a ensayo, presentándose una pantalla gris con una cruz de fijación en el centro (Figura 8C) durante un periodo de entre 800 y 1200 ms. Se les pidió a los participantes que, a lo largo de la tarea y siempre que fuera posible, permanecieran relajados y trataran de evitar parpadear durante la presentación de las imágenes.



**Figura 8. Estímulos experimentales y procedimiento del Estudio II.** (A) Ejemplos de variación de estímulos para la misma cara. La cara que aparece en primer lugar muestra una expresión neutra. Las otras dos caras muestran a la misma persona articulando sonidos del habla (se usaron 14 sonidos diferentes). (B) Ejemplos de estímulos faciales de las cuatro condiciones experimentales (*Yo - Derecha*, *Amigo - Derecha*, *Yo - Invertida*, *Amigo - Invertida*). (C) Presentación secuencial aleatoria de los estímulos faciales durante la tarea de reconocimiento.

### 2.3. Registro de la señal EEG

Los datos se registraron utilizando un sistema BioSemi de electrodos bioactivos con 128 canales EEG. El registro se realizó de manera análoga al Estudio I. Se utilizaron cuatro electrodos externos para registrar la actividad EOG y se mantuvo una tasa de muestreo de 512 Hz aplicándose en línea un filtro paso-bajo de 100 Hz.

### 2.4. Análisis de la señal EEG

#### 2.4.1. Preprocesamiento

El pre-procesamiento de los datos de EEG se realizó con Fieldtrip (Oostenveld et al., 2011) siguiendo el mismo procedimiento que el descrito en el apartado 2.4.1. del capítulo anterior.

En resumen, la señal continua de EEG se filtró por debajo de 40 Hz, se referenció al promedio y, posteriormente, se segmentó en épocas (-500 ms antes a 1000 ms). A continuación, se realizó una limpieza manual de artefactos, eliminando aquellas épocas en las que se detectaron artefactos, como parpadeos o movimiento de cables. Así mismo, se eliminaron aquellos ensayos en los que los participantes no dieron una respuesta, o esta fue incorrecta. Este procedimiento dejó aproximadamente el mismo número de ensayos por condición:  $84.1 \pm 12.1$  (media  $\pm$  DE) ensayos en la condición *Yo - Derecha*,  $84.3 \pm 18.8$  en la condición de *Amigo - Derecha*,  $79.1 \pm 17.2$  en la condición *Yo - Invertida*, y  $73.1 \pm 13.4$  en la condición *Amigo - Invertida*.

#### 2.4.2. Análisis de los ERPs

Los ERPs se calcularon por separado para cada condición y cada participante. La corrección de línea base se aplicó utilizando un segmento de 500 ms previo a la aparición del estímulo. Con el fin de seleccionar los electrodos y las ventanas de tiempo de interés, calculamos el promedio de todos los participantes y todas las condiciones (Kriegeskorte, Simmons, Bellgowan, & Baker, 2009). La distribución topográfica de los componentes de



los ERPs reveló dos regiones de interés: occipitotemporal derecha (OTD) y occipitotemporal izquierda (OTI). Para cada región se seleccionaron los cinco electrodos que mostraron la mayor actividad en cada ventana de tiempo de interés. Se siguió así el mismo procedimiento que en el Estudio I con la intención de comparar nuestros resultados con este, así como con otros estudios relacionados (Keyes, et al., 2010). Los electrodos que resultaron seleccionados para cada región se muestran en la Tabla 2.

El efecto de inversión se manifiesta como un incremento en la latencia y la amplitud del componente N170 ante caras presentadas en orientación invertida en comparación con caras presentadas en orientación derecha. Con el fin de valorar este efecto y su interacción con la identidad de la cara sobre la actividad cerebral, extrajimos dos medidas del componente N170, su amplitud y su latencia.

A diferencia del estudio anterior, en el que no anticipábamos diferencias de latencia entre condiciones, en este caso sí cabía esperar diferencias de latencia en el componente N170 como consecuencia del efecto de inversión. Por este motivo, la ventana de tiempo exacta de la que se extrajo la amplitud y la latencia de este componente se identificó manualmente para cada individuo y condición experimental, en vez de extraerse del gran promedio de todas las condiciones. Una vez identificado el componente, tomamos los valores de amplitud en una ventana de tiempo de  $\pm 10$  ms alrededor los picos máximos individuales para cada condición. Igualmente, los valores de latencia se extrajeron en ventanas de tiempo de  $\pm 10$  ms alrededor del pico máximo del componente de manera individual.

Siguiendo este mismo procedimiento, se llevó a cabo un análisis adicional en el que se analizó la latencia y la amplitud del componente P200 en todas las condiciones experimentales. Este análisis tuvo como objetivo corroborar y complementar, mediante el estudio del efecto de inversión, los resultados obtenidos en el Estudio I.

**Tabla 2***Ventanas de tiempo y regiones de interés.*

Componentes ERPs	Ventana de tiempo	Región de interés	
		OTD	OTI
N170	151-171 ms	TP8, P8, P10, PO10, PO12	TP7, P7, P9, PO9, PO11
P200	207-227 ms	POO6, PO8, PO10, O2, I2	POO5, PO7, PO9, O1, I1

**Nota.** La tabla muestra los electrodos seleccionados para cada componente ERP en cada región de interés (OTD, occipitotemporal derecho; OTI, occipitotemporal izquierdo).

### 2.4.3. Análisis estadísticos

Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS 15.0.

La ejecución conductual se evaluó mediante un ANOVA de dos factores 2 x 2 con medidas repetidas. Se quería comprobar así el efecto de la identidad de la cara (*Yo, Amigo*) y de la orientación (*Derecha, Invertida*) sobre la tasa de aciertos y los TR en la tarea de reconocimiento facial.

Por otra parte, para comprobar el efecto estadístico de la identidad de la cara (*Yo, Amigo*), la orientación (*Derecha, Invertida*) y la región de interés (OTD, OTI) sobre la amplitud y la latencia de cada componente, realizamos ANOVAs para tres factores 2 x 2 x 2.

Además, como en el Estudio I, se quiso comprobar que el género no estaba actuando como factor de confusión en los resultados obtenidos para el componente N170. Para ello, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) con medidas repetidas, tomando la identidad de la cara, la orientación y la región de interés como factores, y el género como covariable.

La corrección de Greenhouse-Geisser para no esfericidad se aplicó siempre que fue necesario, y se realizaron comparaciones por pares para identificar diferencias específicas

entre las distintas condiciones. Los tamaños del efecto se calcularon usando el método eta parcial al cuadrado ( $\eta^2_p$ ) para los resultados del ANOVA y el estadístico  $d$  de Cohen con corrección de sesgo para las comparaciones de medias realizadas a posteriori (Cumming, 2013).

### 3. Resultados

#### 3.1. Resultados conductuales

En cuanto a la tasa de aciertos en la tarea de reconocimiento facial (media  $\pm$  DE en todas las condiciones  $67.3 \pm 4.8\%$ ), el ANOVA de dos factores no mostró ningún efecto significativo, ni de la identidad de las caras ( $F_{(1, 15)} = .199$ ;  $p = 0.662$ ,  $\eta^2_p = .013$ ), ni de la orientación ( $F_{(1, 15)} = 2.979$ ;  $p = 0.105$ ,  $\eta^2_p = .166$ ). Así mismo, tampoco se encontró ningún efecto de interacción entre identidad y orientación ( $F_{(1, 15)} = 3.062$ ;  $p = 0.207$ ,  $\eta^2_p = .104$ ).

Por el contrario, el ANOVA sí mostró un efecto significativo de la orientación de las caras en los TR ( $F_{(1, 15)} = 92.104$ ;  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = .860$ ). Las comparaciones por pares revelaron que los TR fueron significativamente más lentos al identificar las caras en posición *Invertida* ( $586 \pm 75$  ms) que aquellas en posición *Derecha* ( $525 \pm 60$  ms) con independencia de la identidad de las mismas (*Yo – Derecha vs Yo – Invertida*:  $t_{(15)} = -6.837$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.084, -.044],  $d = 1.367$ ; *Amigo – Derecha vs Amigo – Invertida*:  $t_{(15)} = -7.555$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.074, -.041],  $d = 1.511$ ). En cambio, ni la identidad de la cara ( $F_{(1, 15)} = 2.355$ ;  $p = .146$ ,  $\eta^2_p = .136$ ), ni la interacción identidad x orientación ( $F_{(1, 15)} = .343$ ;  $p = .567$ ,  $\eta^2_p = .022$ ) resultaron significativas.

#### 3.2. Resultados de los ERPs

##### 3.2.1. Componente N170

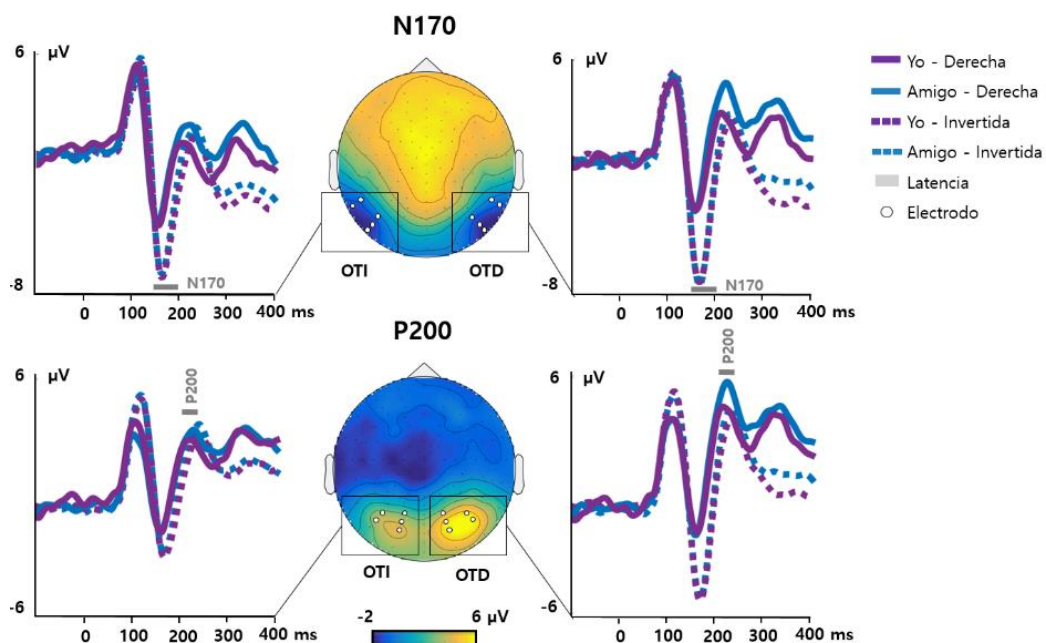
El ANOVA de tres factores reveló un efecto significativo en la amplitud del componente N170 en cuanto a la orientación de la cara ( $F_{(1, 15)} = 73.044$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = .830$ ). Sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto a su identidad ( $F_{(1, 15)} = .354$ ,  $p$

= .561,  $\eta^2_p = .023$ ), la región de interés ( $F_{(1, 15)} = .504$ ,  $p = .488$ ,  $\eta^2_p = .033$ ), o ninguna de las interacciones ( $F_{(1, 15)} < 1.599$ ,  $p > .05$ ).

Como se puede observar en la Figura 9, la amplitud de N170 para las caras en posición *Invertida* fue significativamente mayor en comparación con las caras en posición *Derecha* tanto en la región occipitotemporal derecha (*Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = 7.862$ ,  $p < .001$ , 95% CI [2.509, 4.376],  $d = 1.572$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = 6.164$ ,  $p < .001$ , 95% CI [2.391, 4.919],  $d = 1.237$ ), como izquierda (*Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = 4.945$ ,  $p < .001$ , 95% CI [1.475, 3.711],  $d = .989$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = 4.892$ ,  $p < .001$ , 95% CI [1.545, 3.932],  $d = .978$ ).

Con respecto a la latencia del componente N170, el ANOVA de tres factores también mostró un efecto significativo de la orientación de la cara ( $F_{(1, 15)} = 55.555$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = .787$ ). Las comparaciones por pares revelaron que la latencia del componente N170 para identificar caras en posición *Invertida* fue significativamente mayor que cuando las caras se encontraban en orientación *Derecha*, tanto para la región occipitotemporal derecha (*Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = -6.196$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.011, -.006]  $d = 1.239$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = -7.584$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.013, -.007],  $d = 1.517$ ) como izquierda (*Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = -5.549$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.012, -.005],  $d = 1.109$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = -5.704$ ,  $p < .001$ , 95% CI [-.013, -.006],  $d = 1.141$ ), tal y como se puede apreciar en la Figura 9.

También se encontró un efecto de interacción significativo, aunque marginal, para la latencia de N170 entre la identidad de la cara y la región de interés ( $F_{(1, 15)} = 4.733$ ,  $p = .046$ ,  $\eta^2_p = .240$ ). Sin embargo, el análisis post-hoc posterior no mostró diferencias significativas en cuanto a la identidad de la cara en ninguna de las regiones de interés (OTD: *Yo-Derecha vs Amigo-Derecha*:  $t_{(15)} = .960$ ,  $p = .352$ , 95% CI [-.001, -.003],  $d = .192$ ); *Yo-Invertida vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = -.660$ ,  $p = .519$ , 95% CI [-.003, -.001],  $d = .132$ ; OTI: *Yo-Derecha vs Amigo-Derecha*:  $t_{(15)} = 1.534$ ,  $p = .146$ , 95% CI [-.001, -.006],  $d = .307$ ); *Yo-Invertida vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = 1.805$ ,  $p = .091$ , 95% CI [-.001, -.003],  $d = .361$ ).



**Figura 9. ERPs y topografías para los componentes N170 y P200 del Estudio II.** En el centro se muestran las topografías de los componentes N170 y P200. A cada lado de la topografía se puede observar el gran promedio de los ERPs para los electrodos más representativos de la región occipitotemporal izquierda (OTI) y derecha (OTD) en el componente N170 (arriba) y P200 (abajo) para cada condición (*Yo-Derecha*, *Amigo-Derecha*, *Yo-Invertida* y *Amigo-Invertida*). Los electrodos seleccionados para cada región de interés están representados en blanco. En gris, la latencia de cada componente.

### 3.2.2. Análisis adicionales

Se realizaron dos análisis adicionales, uno para valorar si el género podría haber actuado como un factor de confusión en los resultados del componente N170 y, el otro, para identificar efectos de inversión y de la identidad de la cara sobre el componente P200 que corroboraran los resultados hallados en el Estudio I.

El primer análisis adicional, sobre el potencial efecto de la variable género, se llevó a cabo mediante un ANCOVA para tres factores 2 x 2 x 2. Estos análisis mostraron que el género de los participantes no tuvo un efecto significativo en la amplitud del componente N170 ( $F_{(1, 15)} = .000, p = .993, \eta^2_p = .000$ ). Así mismo, tampoco se encontró ningún efecto de

interacción con los otros factores en este sentido ( $F_{(1, 15)} < 3.144, p > .05$ ). La latencia del componente N170 tampoco se vio afectada por el efecto de género ( $F_{(1, 15)} = .311, p = .586, \eta^2_p = .022$ ) ni por su interacción con otros factores ( $F_{(1, 15)} < 1.451, p > .05$ ).

El segundo análisis adicional tuvo como objetivo identificar diferencias en el componente P200 que replicaran los resultados de nuestro estudio anterior. El ANOVA de tres factores reveló un efecto principal significativo en la amplitud del componente P200 tanto de la identidad facial ( $F_{(1, 15)} = 12.116, p = .003, \eta^2_p = .447$ ) como de la región de interés ( $F_{(1, 15)} = 9.587, p = .007, \eta^2_p = .390$ ). Sin embargo, ni la orientación de la cara ( $F_{(1, 15)} = .611, p = .447, \eta^2_p = .039$ ), ni ninguna de las interacciones ( $F_{(1, 15)} < 3.312, p > .05$ ) resultaron significativas.

Las comparaciones por pares posteriores revelaron que la amplitud del componente P200 fue menor en la región occipitotemporal derecha en el reconocimiento del *Yo* en comparación con el *Amigo* cuando las caras se mostraron en posición *Derecha* ( $t_{(15)} = -5.126, p < .001$ , IC del 95% [-2.095, - .864],  $d = 1.025$ ); ver la Figura 9. En la región occipitotemporal izquierda este efecto en la amplitud de P200, si bien se aproximó, no alcanzó el umbral de significación ( $t_{(15)} = -2.019, p = .062$ , IC 95% [-1.696, .046],  $d = .404$ ). Tampoco hubo diferencias entre el *Yo* y el *Amigo* cuando las caras se mostraron en posición *Invertida* en ninguna región de interés (OTD:  $t_{(15)} = -1.899, p = .077$ , IC del 95% [-1.323, .076],  $d = .379$ ; OTI:  $t_{(15)} = -1.463, p = .164$ , IC 95% [-1.697, .315],  $d = .297$ ).

En cuanto al análisis de latencia del componente P200, el resultado del ANOVA mostró un efecto significativo de la orientación de la cara ( $F_{(1, 15)} = 38.840, p < .001, \eta^2_p = .721$ ), pero no de su identidad ( $F_{(1, 15)} = 1.431, p = .250, \eta^2_p = .087$ ) ni de la región de interés ( $F_{(1, 15)} = 3.549, p = .079, \eta^2_p = .191$ ). Ninguna de las interacciones simples resultaron significativas, aunque la interacción orientación x identidad mostró valores cercanos a la significación estadística ( $F_{(1, 15)} = 4.390, p = .054, \eta^2_p = .226$ ). Los análisis de seguimiento revelaron que las latencias de P200 para las caras en posición *Invertida* fueron significativamente mayores que para aquellas en posición *Derecha* en ambas regiones occipitotemporales (OTD: *Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = -3.939, p = .001$ , 95% CI [-

.028,  $-0.009$ ],  $d = .985$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = -2.725$ ,  $p = .016$ , 95% CI  $[-.018, -.002]$ ,  $d = .545$ ; OTI: *Yo-Derecha vs Yo-Invertida*:  $t_{(15)} = -4.886$ ,  $p < .001$ , 95% CI  $[-.032, -.013]$ ,  $d = .977$ ); *Amigo-Derecha vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = -4.705$ ,  $p < .001$ , 95% CI  $[-.032, -.012]$ ,  $d = .941$ ).

Sin embargo, las diferencias entre condiciones en la latencia de P200 parecen explicarse mejor por una triple interacción entre identidad, orientación y región de interés ( $F_{(1, 15)} = 4.976$ ,  $p = .041$ ,  $\eta^2_p = .249$ ). De manera análoga a los resultados obtenidos para la amplitud de P200, análisis posteriores revelaron que en la región occipitotemporal derecha la latencia de P200 para la propia cara era menor en comparación con la del *Amigo*, pero solo cuando la cara se presentaba en posición *Derecha* (*Yo-Derecha vs Amigo-Derecha*:  $t_{(15)} = -3.136$ ,  $p = .007$ , 95% CI  $[-.012, -.002]$ ,  $d = .627$ ), no cuando se presentaba en posición *Invertida* (*Yo-Invertida vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = 1.193$ ,  $p = .251$ , 95% CI  $[-.002, -.007]$ ,  $d = .239$ ). En cambio, esta diferencia no se observó en la región occipitotemporal izquierda (*Yo-Derecha vs Amigo-Derecha*:  $t_{(15)} = -.245$ ,  $p = .810$ , 95% CI  $[-.005, -.004]$ ,  $d = .049$ ; *Yo-Invertida vs Amigo-Invertida*:  $t_{(15)} = .123$ ,  $p = .904$ , 95% CI  $[-.006, -.005]$ ,  $d = .025$ ).

#### 4. Discusión

El propósito principal de este experimento fue determinar si la propia cara se beneficia de un procesamiento más analítico. Para ello, quisimos comprobar si la propia cara es resistente al efecto de inversión o si, por el contrario, la respuesta cerebral ante la inversión es similar a la que experimentan otros rostros. Los resultados muestran que la inversión tanto de la propia cara como de una cara familiar provocó un incremento de amplitud y de latencia del componente N170; es decir, ambas sufrieron el conocido efecto de inversión. Este efecto también se reflejó en la ejecución conductual, con una demora significativa de los tiempos de respuesta en la tarea de reconocimiento. Por lo tanto, y en contra de nuestra hipótesis inicial, la propia cara no es más resistente a la inversión, sino que su procesamiento se ve perturbado en la misma medida que lo hace una cara

familiar. Las únicas diferencias que observamos en la actividad cerebral evocada por la propia cara y por otra cara familiar se dieron en el componente P200, cuando estas se presentaron en la orientación habitual.

#### **4.1. La inversión de la propia cara**

En contra de nuestros resultados, estudios conductuales previos han encontrado una mayor resistencia al efecto de inversión para el propio rostro, aunque por métodos indirectos. Keyes y Brady (2010) utilizaron una tarea de cooperación interhemisférica, presentando la propia cara del participante, la de un amigo y la de un desconocido en dos orientaciones diferentes (derecha e invertida) y en distintos campos visuales (izquierdo, derecho o ambos a la vez). Estos autores evidenciaron que el procesamiento de la propia cara y de la cara familiar, en comparación con la desconocida, se beneficiaba de una cooperación interhemisférica, es decir, se daba una ventaja en su reconocimiento cuando se presentaban en ambos hemisferios a la vez. Pero, ante la inversión, solo la propia cara mantuvo esta ventaja, siendo reconocida mejor y en menor tiempo que el resto. De estos resultados las autoras concluyeron que el reconocimiento de la propia cara es más resistente a la inversión por gozar de una representación más bilateral (Kircher et al., 2001; Sugiura et al., 2005; Taylor et al., 2009).

En esta misma idea se apoyó Keyes (2012) para explicar por qué la propia cara parece ser una excepción al fenómeno conocido como "percepción categórica". En este estudio se utilizó una tarea de identificación de caras presentadas en posición derecha e invertida. Las caras fueron creadas artificialmente (denominadas *morphing faces* en inglés) mediante la combinación de caras de distinta identidad: familiares (yo, amigo) y desconocidas. La percepción categórica en este contexto se da cuando la cara se percibe como perteneciente a una u otra identidad y solo ocurre para aquellas identidades que conocemos bien. Este estudio mostró que, si bien la inversión suele eliminar los efectos de percepción categórica, este efecto se mantuvo en aquellos conjuntos de caras invertidas donde aparecía el propio rostro del participante, apoyando de nuevo la idea



de que la propia cara está sustentada por una red cerebral más bilateral. No obstante, este resultado contrasta con la evidencia revisada por la autora, que señala al procesamiento holístico como el proceso del que depende el fenómeno de percepción categórica.

Tomados en conjunto, estos dos estudios conductuales presentan algunas limitaciones a la hora de atribuir los efectos encontrados a la representación bilateral de la propia cara. Por ejemplo, una cuestión a tener en cuenta en el estudio de Keyes y Brady (2010) es que las imágenes faciales solo se mostraron durante 150 ms. Esto podría estar indicando que el beneficio en el auto-reconocimiento vendría impulsado por un mecanismo temprano, más que por el acceso a la representación facial, que tiene lugar alrededor de los 250 ms, o incluso más tarde en el caso de las caras invertidas (Schweinberger, 2011). Así mismo, la interpretación que ofrecen estas autoras sobre el papel clave que jugaría la representación bilateral de la propia cara no parece estar suficientemente justificada, pues la implicación de ambos hemisferios durante el auto-reconocimiento (Devue & Brédart, 2011) podría explicarse mejor por la puesta en marcha de la red atencional involucrada en el procesamiento del yo (Humphreys & Sui, 2016).

#### **4.2. La inversión y el componente N170**

El efecto de inversión se ha observado recurrentemente en el componente N170 (De Lissa et al., 2014; Eimer, 2000a; Sadeh & Yovel, 2010; Towler & Eimer, 2015). Sin embargo, llama la atención que ningún estudio hasta la fecha haya investigado cómo se comporta este componente ante la inversión de la propia cara, aun cuando su modulación ante el propio rostro se ha relacionado con el procesamiento distintivo y ventajoso de este por algunos investigadores (Keyes et al., 2010). Nuestro estudio es relevante en este sentido al mostrar que el componente N170, aunque sí presenta un claro efecto de inversión, no se ve modulado diferencialmente por la propia cara en ninguna orientación. Estos resultados están en consonancia con la evidencia general de que el componente N170 no es sensible a la identidad facial (Bentin et al., 1996; Eimer, 2000b) y con la perspectiva reciente de que

este componente no parece ser un correlato neural propio del auto-reconocimiento (Estudillo, 2017; Alzuela et al., 2019; ver Estudio I de la presente tesis). Por tanto, mantenemos que las discrepancias entre nuestro estudio y aquellos que encuentran una modulación del componente N170 ante la propia cara (Geng et al., 2012; Keyes et al., 2010), podrían deberse más bien a cuestiones metodológicas relacionadas con el diseño experimental y la metodología de análisis llevada a cabo en estos estudios, como discutimos en el capítulo anterior.

### **4.3. El componente P200 y el procesamiento distintivo de la propia cara**

El efecto de inversión que se observa en nuestros resultados se extiende hasta el componente P200, donde el retraso del componente N170 para las caras invertidas se acumula afectando a la latencia de P200. Este componente se ha relacionado con la codificación de la cara y la relación espacial entre sus características (Latinus & Taylor, 2006; Schweinberger & Neumann, 2016), lo que también explicaría que se vea modulado por la orientación de la misma, ya que con la inversión esta relación espacial también varía. La vulnerabilidad de la propia cara a la inversión evidencia que la estrategia de procesamiento holística, que se emplea de manera preferente durante el reconocimiento facial general, es además esencial para reconocernos a nosotros mismos.

El componente P200 no se ve modulado por la identidad facial cuando las caras se presentan en orientación invertida, pero sí cuando estas se procesan en una orientación normal. Se replica así el efecto de identidad encontrado en P200 en el Estudio I. En esta ocasión, el componente P200 no solo mostró una menor amplitud ante el propio rostro en comparación con el de un amigo, como también sucedía en nuestro primer estudio, sino que también manifestó una menor latencia. Esta diferencia tuvo lugar en la zona occipitotemporal derecha, una región que suele encontrarse activa durante el procesamiento facial (Iidaka, 2014), lo que podría estar indicando un procesamiento más rápido para la propia cara. El efecto de la identidad facial que muestra el componente

P200 en términos de amplitud también se puede encontrar en otros estudios en los que se ha utilizado la propia cara del participante como estímulo (por ejemplo, Caharel et al., 2007; Tanaka et al., 2006; Towler & Eimer, 2015), aunque ninguno de ellos haya descrito formalmente este efecto (Estudillo, 2017).

Es importante destacar que el componente P200 no solo se ha asociado al análisis de la configuración espacial de la cara, sino que también es un componente estrechamente ligado a la puesta en marcha de mecanismos atencionales (Carretié et al., 2004, 2001; Chen et al., 2011). Por ello, proponemos que la modulación que se observa de manera consistente en P200, en este y otros estudios, parece estar indicando la acción de mecanismos atencionales tempranos durante el auto-procesamiento, más que un uso diferencial de mecanismos puramente perceptivos. La diferencia en términos de amplitud y latencia que se observa en el componente P200 podría estar indicando que la propia cara goza de un procesamiento temprano más ventajoso en relación con otra cara conocida, ya que este es más rápido y parece requerir un despliegue menor de recursos atencionales.

## **5. Conclusión**

Por lo que sabemos, este es el primer estudio que investiga la respuesta cerebral ante la inversión de la propia cara. Los resultados obtenidos corroboran los hallazgos de nuestro primer estudio, indicando que la propia cara tiene un procesamiento distintivo desde etapas tempranas (~200 ms). Sin embargo, tal y como indica su vulnerabilidad al efecto de inversión, la singularidad de la propia cara no parece residir en una estrategia de procesamiento más analítica en comparación con el procesamiento facial general, como se había propuesto previamente, sino más bien a la diferencia en la puesta en marcha de mecanismos atencionales específicos del yo.



# Capítulo 6

Estudio II: Mecanismos atencionales  
específicos del yo



## 1. Introducción

Durante el procesamiento de estímulos auto-relacionados, como la propia cara, se activa una compleja red neural que abarca regiones frontales, parietales y occipitales (Devue & Brédart, 2011; Hu et al., 2016; Platek et al., 2008). El hecho de que esta se distribuya alcanzando áreas de ambos hemisferios se ha relacionado con la idea de que nuestra propia cara posee una representación neural más bilateral, característica fundamental que la diferenciaría del resto de caras (Keyes, 2012; Keyes & Brady, 2010; Keyes et al., 2010). Sin embargo, tal y como indica Brédart (2011), la puesta en marcha de una red neural tan heterogénea hace difícil determinar qué procesos cognitivos estarían mediando el auto-reconocimiento y, por tanto, el procesamiento diferencial de la propia cara podría venir dado por la acción de mecanismos cognitivos muy variados, tanto generales como específicos. En este sentido, el Modelo Neural de Yo (Sui & Gu, 2017) ofrece un nuevo enfoque, proponiendo que el reclutamiento de áreas cerebrales tan diversas guarda relación con la manera en la que se movilizan nuestros recursos atencionales ante el yo (Humphreys & Sui, 2016). Según este modelo, las redes cerebrales implicadas en el control atencional tanto *bottom-up* como *top-down* interactúan durante el procesamiento de estímulos auto-relacionados guiando nuestra conducta y produciendo un sesgo hacia el yo.

Esta aproximación está en sintonía con los resultados obtenidos en nuestros dos estudios previos en los que, además de replicar el sesgo hacia el yo, se observa que la propia cara tiene una respuesta neural distintiva que parece venir dada por la puesta en marcha de mecanismos atencionales tempranos, tal y como indica la modulación del componente P200. También se ve apoyada por estudios conductuales en los que se ha observado que tendemos a dirigir la atención de manera preferente a nuestro propio rostro, de manera que la simple presentación de este en el espacio foveal interfiere con el procesamiento de otros estímulos (Devue & Brédart, 2008; Keyes & Dlugokencka, 2014). Esto parece deberse a la capacidad que tiene nuestra propia cara de captar y, lo que es más

importante, retener nuestra atención una vez que ha sido percibida (Brédart & Devue, 2006; Devue et al., 2009; Wójcik et al., 2018).

Sin embargo, algunos estudios han cuestionado que este enganche atencional sea específico del yo, ya que también se da un efecto similar ante otras caras conocidas (Bortolon et al., 2018; Devue et al., 2009), e incluso desconocidas (Keyes & Dlugokencka, 2014). De ser así, el foco atencional estaría modulado por el alto grado de familiaridad de la propia cara, o por otros factores como su relevancia para realizar la tarea, y no por la activación de la red atencional específica del yo propuesta por Humphreys y Sui (2016). Desentrañar esta cuestión es de vital importancia para poder validar el actual Modelo Neural del Yo (Humphreys & Sui, 2016; Sui & Gu, 2017), un marco teórico integrador que aspira a entender el procesamiento de la información auto-relacionada en la función normal y patológica. Para ello, el presente estudio se centra en investigar la actividad oscilatoria en la banda alfa (8-13 Hz), un buen indicador del despliegue de la atención en tareas de percepción visual (Jensen & Mazaheri, 2010; Klimesch, 2012). Se intenta así complementar la evidencia que sustenta el Modelo Neural del Yo, basado principalmente en estudios conductuales y de fMRI.

El propósito de este estudio fue investigar los mecanismos atencionales involucrados en el procesamiento del propio rostro. Específicamente, se pretendía aclarar si estos mecanismos son específicos del yo o, simplemente, son inducidos por la familiaridad de la cara. Para ello, utilizamos los datos extraídos del Estudio I del presente trabajo de investigación, en el que los participantes realizaron una tarea de reconocimiento facial (identificando su propia cara, la cara de un amigo y una cara desconocida), mientras se registraba su actividad cerebral. Es importante resaltar que en esta tarea se controló la familiaridad, al utilizarse tres identidades con distintos grados de familiaridad (yo, amigo, desconocido), así como la relevancia, ya que la aparición de todas las caras demandaba una respuesta por parte del participante y, por lo tanto, eran relevantes para la tarea. En este estudio planteamos la doble hipótesis de que (i) el procesamiento de la propia cara llevaría a un mayor compromiso de la atención, indexado por una reducción de la



potencia de la banda alfa, y (ii) que este efecto sería específico de la propia cara, y no debido a la familiaridad de la misma.

## **2. Materiales y métodos**

Para este estudio se utilizó la base de datos registrada en el Estudio I. Por lo tanto, los participantes, los estímulos empleados, así como el registro de la señal pueden encontrarse detallados en el Capítulo 4 del presente trabajo de investigación. De manera muy resumida, en este estudio participaron 30 voluntarios, aunque solo analizamos los datos de 25 de ellos ( $22.7 \pm 3.8$  años; 9 hombres). La tarea experimental consistió en la presentación secuencial y aleatoria de imágenes faciales con distintas identidades (la propia cara, la de un amigo y la de un desconocido) que el participante debía identificar pulsando la tecla correspondiente a cada identidad. El periodo en el que se mostró cada imagen fue fijo (1 segundo), mientras que el periodo inter-estimular varió de manera aleatoria entre 0.8 y 1.2 segundos. En total, la tarea duró aproximadamente 17 minutos, durante los que se presentaron 450 ensayos (150 ensayos de cada condición).

### **2.1. Análisis de la señal EEG**

El análisis de los datos EEG se realizó utilizando Fieldtrip (Oostenveld et al., 2011) y scripts generados por nosotras mismas en Matlab.

#### **2.1.1. Preprocesamiento**

En esta ocasión, no se aplicó ningún filtro a los datos, ya que nuestro interés se centraba precisamente en los componentes oscilatorios de la señal. En primer lugar, la señal EEG original se referenció al promedio común. Posteriormente, se segmentó en épocas de 3 segundos de duración, comenzando 1 segundo antes de la aparición del estímulo. El uso de épocas tan largas tenía por objeto evitar los efectos de borde en los análisis de tiempo-frecuencia. Al igual que en los dos estudios anteriores, solo se analizaron los ensayos con respuestas correctas.

El rechazo de artefactos se llevó a cabo en tres pasos. En primer lugar, los ensayos con artefactos que habían sido detectados en el Estudio I se rechazaron de los análisis (ver apartado 2.4.1 del Capítulo 4). La detección de ensayos contaminados con artefactos oculares, movimientos de cables o actividad muscular se realizó mediante inspección visual ensayo a ensayo. Este procedimiento dejó  $123.5 \pm 15.3$  (media  $\pm$  DE) ensayos en la condición *Yo*,  $121.0 \pm 15.7$  ensayos en la condición de *Amigo* y  $120.8 \pm 16.3$  ensayos en la condición *Desconocido*. En segundo lugar, los artefactos oculares restantes se extrajeron de la señal del EEG utilizando Análisis de Componentes Independientes (algoritmo 'runica' implementado en Fieldtrip). Finalmente, los canales ruidosos fueron reconstruidos mediante un procedimiento de interpolación lineal utilizando la señal registrada por los electrodos circundantes.

### 2.1.2. Análisis de tiempo-frecuencia

Los análisis de tiempo-frecuencia se realizaron para cada ensayo por separado mediante un enfoque *multitaper* o de "multiventaneado" (Percival & Walden, 1993). En breve, este procedimiento consiste en extraer la potencia de la señal en distintas frecuencias, realizando la transformada corta de Fourier en una determinada ventana que se va desplazando en el tiempo. La señal EEG de cada segmento de tiempo se multiplica por una, o varias, ventanas (*tapers*) con el objetivo de disminuir el *leakage* o fuga espectral y conseguir un determinado grado de suavizado.

Para optimizar la resolución temporal y espectral, las bandas de frecuencias bajas y altas se analizaron por separado. Para frecuencias bajas (2.5-30 Hz), se empleó una ventana de 400 ms en pasos de 50 ms, y una única ventana '*Hanning*'; para que la potencia espectral tuviera un grado mínimo de suavizado (solo  $\pm 2$  Hz). Para frecuencias más altas (30-100 Hz), se aplicó una ventana de 200 ms, en pasos de tiempo de 50 ms. En esta ocasión, se utilizaron tres ventanas correspondientes a las bases de funciones esferoidales discretas (DPSS), con lo que obtuvimos un suavizado de  $\pm 10$  Hz, óptimo para identificar oscilaciones de alta frecuencia (banda gamma). Posteriormente, se promediaron los

mapas de tiempo-frecuencia de todos los ensayos de cada condición y se normalizaron calculando el cambio relativo con respecto a la potencia específica de cada frecuencia durante la línea de base (de 500 a 200 ms antes de la aparición del estímulo).

### **2.1.3. Análisis estadísticos basados en clústeres de la actividad tiempo-frecuencia**

El análisis estadístico de los mapas de tiempo-frecuencia se llevó a cabo utilizando pruebas no paramétricas de permutaciones basadas en clústeres (Maris & Oostenveld, 2007). Este método proporciona un adecuado control del error Tipo I, o la probabilidad de encontrar falsos positivos, que se incrementa al realizar comparaciones múltiples (Nichols & Holmes, 2002), al mismo tiempo que tiene en cuenta las relaciones de dependencia entre los datos (p.ej. entre pixeles de tiempo-frecuencia o electrodos vecinos) para evitar que este control sea demasiado estricto.

En primer lugar, realizamos una prueba  $F$  para todas las frecuencias (2.5-100 Hz) y puntos de tiempo. Posteriormente, los datos de tiempo-frecuencia se promediaron sobre cada rango de frecuencia de interés, y se realizaron pruebas  $t$  comparando las condiciones experimentales por pares para cada electrodo y punto de tiempo. Los electrodos adyacentes y los puntos de tiempo con valores de  $p$  inferiores a .05 se agruparon en clústeres. Los estadísticos basados en clústeres se calcularon como la suma de los valores  $t$  dentro de un clúster. Luego se determinó la probabilidad de significación de los estadísticos basados en clústeres por medio de un test de permutaciones. En cada permutación, el conjunto de datos se dividió aleatoriamente en dos subconjuntos, se calcularon las diferencias estadísticas entre ambos subconjuntos y se extrajo el máximo estadístico de clúster. Este procedimiento se repitió 1000 veces para obtener una distribución de referencia de estadísticos. El valor  $p$  del clúster se obtuvo entonces como la proporción de permutaciones por encima del valor del estadístico basado en clústeres observado en los datos.

#### 2.1.4. Reconstrucción de las fuentes de actividad cerebral

El último paso del análisis de la señal EEG tuvo como objetivo localizar las fuentes cerebrales que subyacían a los efectos significativos observados en los análisis de tiempo-frecuencia. La reconstrucción de las fuentes se realizó por medio de un filtro espacial o *beamforming* (Gross et al., 2001; Van Veen et al., 1997). Al no contar con las MRIs individuales de cada participante, esta se llevó a cabo en el cerebro estándar MNI (ver Capilla et al., 2016; Capilla, Schoffelen, Paterson, Thut, & Gross, 2014 para más detalles). Para ello, empleamos posiciones de electrodos estándar del sistema internacional 10-05, así como un modelo de conducción de volumen realista adaptado al cerebro MNI (*Boundary Element Method*, BEM; Oostenveld, Stegeman, Praamstra, & van Oosterom, 2003), que se segmentó en vóxeles de 10 mm. Para cada vóxel se calcularon los *leadfields* resultantes de la resolución del problema directo, es decir, la actividad que se observaría en cada electrodo en el caso de que dicho vóxel estuviera activado. Posteriormente, se filtró la señal EEG en cada banda de frecuencia de interés, en función de los resultados de los análisis anteriores. Estas fueron la banda alfa, de 8 a 13 Hz, y la banda beta de 13 a 30 Hz. Luego, se extrajeron los segmentos de datos correspondientes a las ventanas de tiempo que mostraron diferencias estadísticamente significativas entre condiciones (de 1.2 a 1.6 s para el ritmo alfa, y de 0.7 a 1.3 s para la banda beta), así como para segmentos de 200 ms de línea de base para la posterior normalización de los resultados. Estos segmentos fueron concatenados, y se calcularon las correspondientes matrices de covarianza.

A partir de las matrices de covarianza y de los *leadfields* previamente hallados, se calcularon los coeficientes del filtro espacial mediante el algoritmo normalmente empleado para reconstruir las fuentes de series temporales (*'linearly constrained minimum variance' beamformer*, LCMV, Van Veen et al., 1997). El parámetro de regularización (*lambda*) se fijó en el 10% para obtener unos resultados con cierto grado de suavizado.

Posteriormente, se proyectó la señal filtrada en las dos bandas de frecuencia de interés para cada ensayo y cada vóxel al espacio de las fuentes por medio del filtro espacial. Luego calculamos la envolvente de la amplitud para cada ensayo (es decir, el valor absoluto de la transformada de *Hilbert*), y los promediamos a través de los ensayos y el tiempo para cada condición por separado. Para controlar el sesgo del centro de la cabeza, la actividad en el espacio de las fuentes se normalizó calculando su porcentaje de cambio relativo con respecto a la actividad de línea base para cada vóxel. Finalmente, se promediaron los volúmenes de activación cerebral de todos los participantes para identificar qué vóxeles presentaban los mayores niveles de desincronización en las bandas alfa y beta.

### **2.1.5. Relación entre la potencia de la banda alfa y la ejecución conductual**

La presentación de la propia cara fue seguida de una modulación de la potencia de las bandas beta y alfa, pero solo esta última presentó una modulación mantenida en el tiempo, que se extendía prácticamente hasta el siguiente ensayo. Dada la vinculación de la potencia de alfa con el desempeño en una tarea cognitiva (Klimesch, 1999), realizamos un análisis adicional que tenía como objetivo comprobar una posible relación entre la potencia de la banda alfa y los tiempos de respuesta del ensayo siguiente. Para ello, utilizamos una estrategia de análisis similar a la empleada por Capilla y colaboradores (2014). En primer lugar, se seleccionó el vóxel en el que la fuente generadora de la disminución del ritmo alfa era máxima para todas las condiciones. Luego, para cada participante, calculamos la potencia del ritmo alfa para cada ensayo en la ventana temporal significativa (es decir, 1.2-1.6 s). El valor medio de la potencia en esta ventana de tiempo se normalizó posteriormente con respecto a la línea de base (0.4-0.2 s). En segundo lugar, los ensayos individuales se clasificaron según su potencia y se dividieron en cuartiles, de menor a mayor potencia del ritmo alfa. Luego, calculamos la media de los tiempos de respuesta en el ensayo siguiente para cada individuo y cuartil. Para evitar que los resultados pudieran resultar sesgados por participantes con tiempos de respuesta

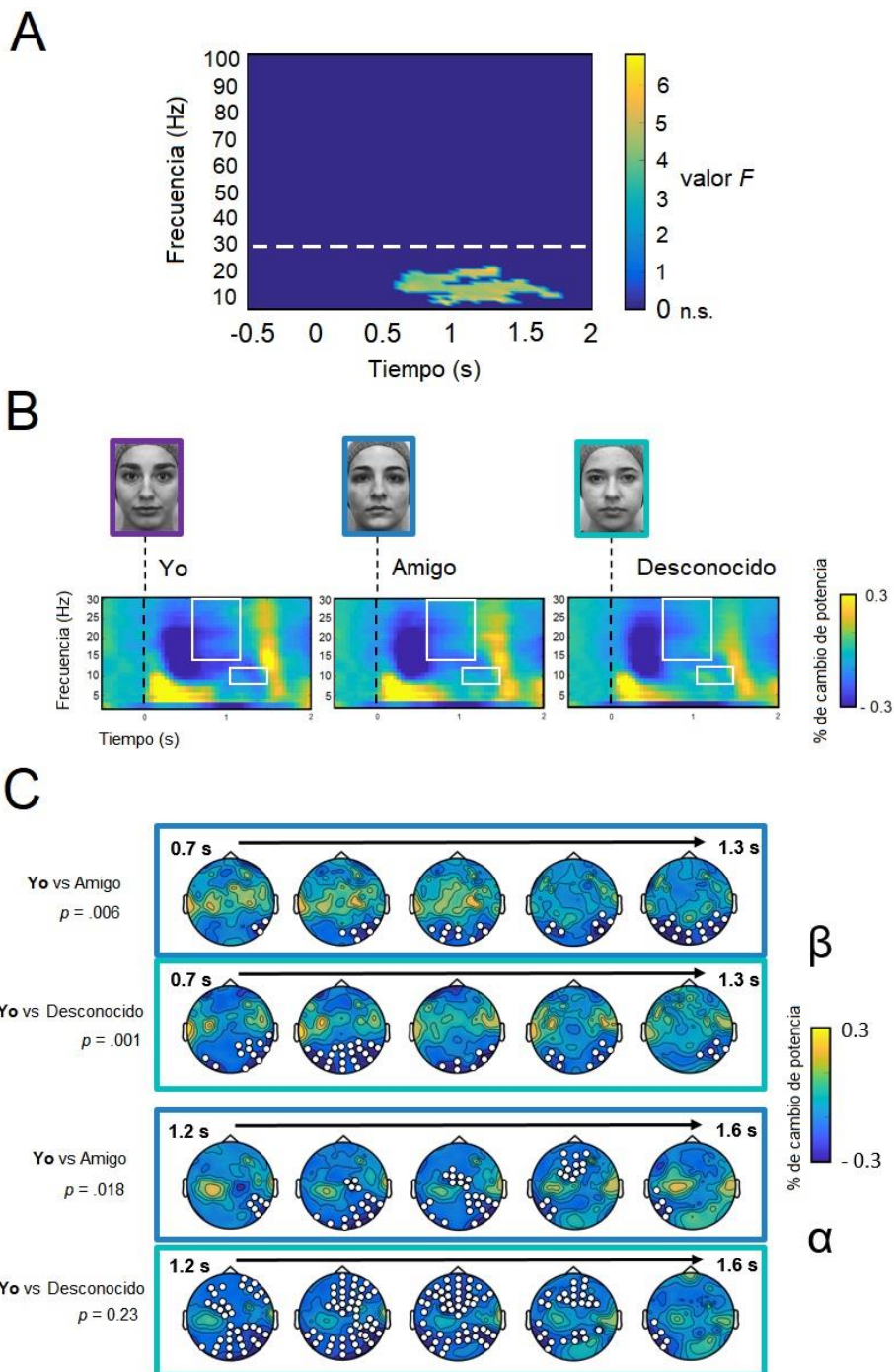
extremos, estos fueron normalizados. Así, para cada participante y cuartil calculamos el porcentaje de desviación del tiempo de respuesta con respecto al tiempo de respuesta medio de cada individuo (p.ej. un TR de 550 ms en un individuo con un TR medio de 500 ms sería equivalente a una desviación del 10% ( $[550-500]/500*100$ )).

El análisis estadístico de la relación entre potencia de la banda alfa y tiempo de respuesta se llevó a cabo mediante un análisis de regresión lineal. Para controlar el error Tipo I derivado de la realización de comparaciones múltiples empleamos una aproximación basada en permutaciones (Nichols & Holmes, 2002). En primer lugar, asignamos aleatoriamente un subconjunto de ensayos a cada cuartil y calculamos la desviación correspondiente con respecto al tiempo de respuesta medio de cada participante para cada condición. Este cálculo se realizó 1000 veces. En cada permutación, almacenamos el máximo valor de correlación. A partir de la distribución resultante de valores máximos de  $r^2$ , se obtuvieron los valores de  $p$  corregidos.

### 3. Resultados

#### 3.1. Análisis de tiempo-frecuencia

Las pruebas  $F$  del análisis de permutaciones basado en clústeres revelaron un efecto significativo de la identidad de la cara ( $p = .004$ ; Figura 10A). La representación de tiempo-frecuencia reveló cambios en las oscilaciones de las bandas alfa (8-13 Hz) y beta (13-30 Hz) desde 500 ms después de la aparición del estímulo. Las comparaciones por pares que llevamos a cabo continuación desvelaron que la potencia de los ritmos alfa y beta para el *Yo* diferían tanto del *Amigo* como del *Desconocido* en latencias tardías (Figura 10B). Específicamente, el contraste  $t$  no paramétrico reveló un clúster ( $p = .018$  para *Yo* vs *Amigo*; y  $p = .023$  para *Yo* vs *Desconocido*) en la ventana temporal de 1.2 a 1.6 segundos tras la presentación del estímulo en la banda alfa; y un clúster significativo ( $p = .006$  para *Yo* vs *Amigo*;  $p = .001$  para *Yo* vs *Desconocido*) en la ventana temporal de 0.7 a 1.3 segundos en la banda beta.



**Figura 10. Supresión de potencia en las bandas beta y alfa después de la presentación de la cara.**  
 (A) Representación tiempo-frecuencia de las diferencias estadísticamente significativas entre condiciones (valor

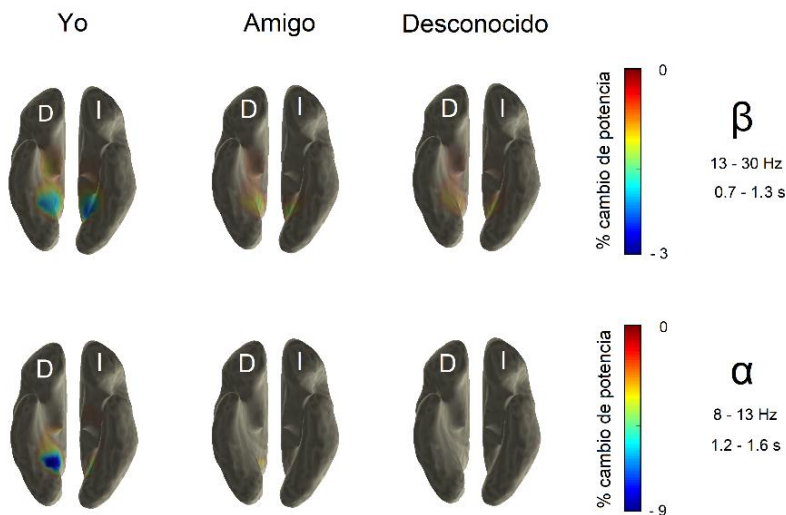
de  $F < .05$ ) (B) Representación tiempo-frecuencia de las tres condiciones experimentales (*Yo*, *Amigo* y *Desconocido*) hasta 30 Hz; los rectángulos blancos indican las ventanas de tiempo-frecuencia en las que los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre condiciones (beta: 0.7-1.3 segundos / 13-30 Hz; alfa: 1.2-1.6 segundos / 8-13 Hz); (C) Topografías resultantes del análisis estadístico de clústeres a lo largo del rango de tiempo significativo para cada una de las comparaciones. Las dos filas superiores muestran las comparaciones entre la condición *Yo* y las condiciones de *Amigo* y *Desconocido* en la banda beta, y las dos filas inferiores, en la banda alfa. Los electrodos que resultaron significativos aparecen resaltados en blanco.

En estos rangos de tiempo las diferencias fueron más pronunciadas en los sensores occipitales y frontocentrales, como se puede observar en la Figura 10C. Es importante destacar que, si bien encontramos una disociación del *Yo* con respecto a las demás condiciones (*Amigo* y *Desconocido*), la potencia de las oscilaciones alfa y beta no fue diferente entre las condiciones de *Amigo* y *Desconocido* ( $p > .3$ ).

### 3.2. Análisis de fuentes neurales

El análisis de localización de fuentes estuvo dirigido a identificar los generadores neurales subyacentes a la disminución de potencia observada en las bandas alfa y beta. Estos análisis mostraron que la actividad oscilatoria se generó en ambos casos en la región occipitotemporal ventral del cerebro, específicamente en el giro fusiforme (Figura 11). Mientras que para la banda beta se observó una fuente bilateral, la banda alfa mostró una fuente más lateralizada en el hemisferio derecho.

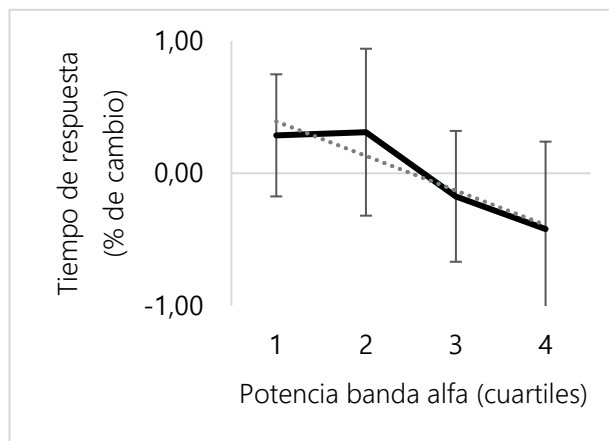




**Figura 11. Localización de fuentes neurales que subyacen a los efectos tiempo-frecuencia.** Localización de fuentes neurales para la potencia de la banda beta (arriba) y de la banda alfa (abajo) en las tres condiciones experimentales (*Yo*, *Amigo* y *Desconocido*) durante las latencias significativas (0.7-1.3 segundos para la banda beta y 1.2-1.6 segundos para la banda alfa).

### 3.3. Relación entre la potencia de alfa y la conducta

Por último, realizamos un análisis adicional para probar una posible relación entre la potencia de la banda alfa en el giro fusiforme derecho en un determinado ensayo y la ejecución conductual en el ensayo siguiente. Los resultados de este análisis mostraron una ligera relación lineal inversa que, sin embargo, no resultó significativa ( $r = -.104$ ;  $p = .23$  - ver Figura 12), lo que sugiere que la magnitud de la supresión del ritmo alfa no tiene una influencia, ni facilitadora ni inhibidora, sobre el procesamiento subsiguiente de información.



**Figura 12. Relación entre la potencia de la banda alfa en el giro fusiforme derecho y los tiempos de respuesta.** La figura ilustra el cambio porcentual en los tiempos de respuesta para los diferentes niveles de potencia de la banda alfa en el rango de tiempo de 1.2 a 1.6 segundos. La magnitud de la potencia de la banda alfa en el giro fusiforme derecho se representa en cuartiles, del más bajo (1) al más alto (4).

#### 4. Discusión

El objetivo de este estudio fue dilucidar si existe un mecanismo atencional específico para el yo durante el procesamiento de la propia cara. Los resultados de los análisis de tiempo-frecuencia revelaron una disminución mayor y más sostenida de la potencia de los ritmos alfa y beta tras el procesamiento de la propia cara en comparación con otras caras con distinto grado de familiaridad; lo que sugiere que el mecanismo atencional implicado en el procesamiento de la propia cara es específico del yo. El análisis de fuentes neurales reveló que la disminución de potencia de alfa-beta para la propia cara se generó principalmente en el giro fusiforme, una región cerebral crítica para el procesamiento facial (Dricot, Sorger, Schiltz, Goebel, & Rossion, 2008; O'Craven & Kanwisher, 2000; Rossion et al., 2003) y cuya actividad puede ser modulada por mecanismos atencionales *top-down* (Wojciulik, Kanwisher, & Driver, 1998). En línea con nuestros resultados, varios estudios han mostrado con fMRI que el giro fusiforme presenta una activación más fuerte durante el procesamiento de la propia cara (ver Hu et al., 2016 para una revisión reciente).

Así mismo, el hemisferio derecho parece estar particularmente involucrado durante el procesamiento del yo (Devue & Brédart, 2011).

#### **4.1. El secuestro atencional producido por nuestro propio rostro**

Por lo general, durante la estimulación sensorial la excitabilidad cortical aumenta y se suprimen las oscilaciones de baja frecuencia (bandas alfa-beta) (Pfurtscheller & Lopes da Silva, 1999). Varios estudios han demostrado que la potencia de alfa disminuye sobre regiones occipitoparietales durante el despliegue y mantenimiento de la atención (Gould, Rushworth, & Nobre, 2011; Siegel, Donner, Oostenveld, Fries, & Engel, 2008). Cuando se focaliza la atención visoespacial, la potencia de alfa disminuye en el hemisferio contralateral al hemicampo visual atendido (Ikkai, Dandekar, & Curtis, 2016; Kelly, Gomez-Ramirez, & Foxe, 2009; Sauseng et al., 2005). Lo más interesante es que la supresión de alfa ocurre antes de la aparición del estímulo, tan pronto como una clave visoespacial indica a qué hemicampo atender. Por esto, las oscilaciones de la banda alfa se han interpretado como un mecanismo neural de control atencional *top-down* que prepara las áreas visuales para la detección del objetivo y el posterior procesamiento del estímulo.

El papel funcional del ritmo beta, por el contrario, es menos conocido. Tradicionalmente relacionado con la tendencia del sistema sensoriomotor a mantener el 'status quo' (Engel & Fries, 2010), beta también parece estar implicado en diversos procesos cognitivos como la recuperación de la memoria (Hanslmayr, Staresina, & Bowman, 2016) o la percepción visual (Kloosterman et al., 2015), entre otros. Durante la estimulación sensorial, la disminución de la actividad de las bandas alfa y beta se ha relacionado con el procesamiento de información en módulos corticales especializados (Hanslmayr et al., 2016; Jensen & Mazaheri, 2010). En términos generales, el ritmo beta se ha relacionado con la facilitación del procesamiento controlado de forma endógena o *top-down* (Fries, 2015; Spitzer & Haegens, 2017) aunque, más recientemente, se le ha atribuido un papel de mediación entre las interacciones de información *bottom-up* y *top-down* en la corteza visual (Richter, Coppola, & Bressler, 2018).

Hasta donde sabemos, únicamente un estudio previo ha investigado la propia cara y su respuesta oscilatoria inducida. Sakihara, Gunji, Furushima, y Inagaki (2012) utilizaron caras (la propia del participante, familiares y desconocidas) y objetos para investigar los mecanismos que subyacen al reconocimiento general de caras. Estos autores encontraron un aumento de la potencia de la banda beta entre 0.4 y 0.8 segundos en áreas prefrontales derechas durante el procesamiento de la propia cara. En este caso, las diferencias en la potencia de la banda beta se asociaron a los procesos atencionales provocados por el acceso a la información auto-relacionada almacenada en la memoria. En el presente estudio, nuestros resultados revelan una disminución de la potencia alfa-beta para la cara propia desde los 0.7 segundos después de la aparición del estímulo, que se mantiene a lo largo del tiempo, incluso cuando la cara ya no está presente.

De acuerdo con el actual Modelo Neural del Yo (Humphreys & Sui, 2016; Sui & Gu, 2017) al procesar la propia cara se dan interacciones entre áreas encargadas del control atencional *bottom-up* y *top-down*. En este sentido, mientras que en los Estudios 1 y 2 de la presente tesis observábamos un efecto atencional temprano del yo que estaría indicando un procesamiento *bottom-up* (facilitando el auto-reconocimiento), los resultados del presente estudio apuntan a que este es seguido por una fase de procesamiento *top-down*. Por lo tanto, proponemos que la propia cara, tras la rápida activación de su representación en memoria, provoca de manera específica una asignación endógena de la atención que se mantiene a lo largo del tiempo. Es decir, una vez percibida y reconocida la propia cara, esta retiene nuestra atención en mayor medida y por más tiempo en comparación con otras caras, incluso familiares.

En este sentido, nuestros resultados están en línea con un estudio de seguimiento ocular (*eye-tracker*) de caras, incluida la propia, durante una tarea de búsqueda visual (Devue et al., 2009). Los autores comprobaron que una vez que los participantes fijaban su mirada en la imagen de su propio rostro, se daba una dificultad para liberar la atención de él. Mientras que en este estudio el mismo efecto atencional se observó también para la cara de un amigo, nuestros resultados evidencian que el mecanismo atencional implicado

durante el procesamiento de la propia cara es específico del yo, ya que se diferencia del procesamiento de otras caras, tanto familiares como desconocidas.

#### **4.2. Mecanismo atencional específico del yo: ¿facilitador o distractor?**

Una cuestión que queda abierta es si esta capacidad de retención atencional que observamos ante el propio rostro podría facilitar o, por el contrario, dificultar el procesamiento de la información subsiguiente. Nuestros datos han resultado ser insuficientes para aclarar esta cuestión, posiblemente debido a que la tarea que empleamos era demasiado fácil como para verse afectada ( $94.2 \pm 2.5\%$  de aciertos de media). Creemos que una tarea más exigente podría ser más adecuada para alcanzar este objetivo. Disminuyendo los tiempos de exposición del estímulo, por ejemplo, se podría lograr que el reconocimiento facial fuera más difícil de alcanzar. Así, el enganche atencional ante la propia cara se podría ver reflejado en tiempos de respuesta más lentos o una menor tasa de aciertos en respuesta al siguiente estímulo, si este actúa como un mecanismo distractor. O, por el contrario, en una mejor ejecución conductual, si el enganche atencional produjera una facilitación en el procesamiento. Teniendo en cuenta la cantidad de estudios que demuestran que la actividad alfa-beta aumenta la precisión del procesamiento sensorial (Bauer, Stenner, Friston, & Dolan, 2014; Cravo, Rohenkohl, Wyart, & Nobre, 2011), así como el origen neural que observamos en nuestros datos (giro fusiforme), hipotetizamos que la modulación de alfa-beta ante la propia cara podría tener la función de mantener activas las áreas sensoriales especializadas en caras para procesar posibles estímulos entrantes potencialmente relevantes.

Tanto la propia cara como el nombre propio son estímulos personalmente relevantes, y ambos tienden a movilizar una cantidad similar de recursos atencionales (Tacikowski & Nowicka, 2010). Por lo tanto, el mayor despliegue atencional que observamos para el yo podría ser un mecanismo neural adaptativo que facilite el procesamiento de la información subsiguiente debido a su potencial relevancia social. Si este fuera el caso, ver la propia cara sería un fenómeno atencional similar al de escuchar el propio nombre en

un contexto dado. Este argumento encuentra apoyo en un estudio reciente de ERPs que utilizó estímulos auto-asociados experimentalmente (Woźniak et al., 2018). Sus autores, además de replicar la ventaja que se suele observar en el auto-procesamiento, evidenciaron que, tras la presentación de un estímulo auto-relacionado, el procesamiento del estímulo subsiguiente se ve facilitado, independientemente de si este estaba asociado con el yo o con otras identidades.

La facilitación ligada al yo también ha sido evidenciada por un estudio reciente que empleó caras como referencia espacial en una tarea de localizar puntos (Wójcik et al., 2018). Los autores observaron que los participantes detectaban más rápidamente un estímulo objetivo cuando este iba precedido por la propia cara. Otro estudio reciente también ha demostrado que los estímulos auto-referentes (esto es, figuras geométricas asociadas al yo en comparación con figuras geométricas asociadas a otras identidades) ejercen un efecto facilitador cuando son presentados como claves previas a la presentación de un estímulo en una tarea de búsqueda visual (Macrae, Visokomogilski, Golubickis, & Sahraie, 2018); aportando así evidencia adicional a la idea de que la auto-relevancia ejerce una considerable influencia en la toma de decisiones perceptivas (Sui & Humphreys, 2015; Sui, Rotshtein, & Humphreys, 2013).

## 5. Conclusión

En conclusión, nuestros resultados muestran una disminución mayor y más sostenida de la potencia de las bandas alfa-beta tras la presentación de la propia cara en comparación con otras caras, tanto familiares como desconocidas. Este hallazgo sugiere que durante el procesamiento de la propia cara se pone en marcha un mecanismo atencional que es específico del yo. Como en el Mito de Narciso, cuyo protagonista se vio atrapado por su propio reflejo, nuestro rostro capturaría nuestra atención durante más tiempo cuando se percibe. Esto nos ha llevado a denominar el efecto atencional producido por la propia cara como "*Efecto Narciso*". Investigaciones futuras podrían ayudar a determinar si este

enganche atencional podría considerarse un mecanismo adaptativo destinado a facilitar el procesamiento de la información subsiguiente, así como a comprobar su posible afectación en determinadas enfermedades psiquiátricas en las que el procesamiento del yo se ve alterado.





# Capítulo 7

## Discusión general



Según la Neurociencia Cognitiva, el *yó* es un fenómeno complejo que surge de la interacción de distintos procesos cognitivos. De entre ellos es importante destacar la acción de los mecanismos de control atencional por su papel protagonista (Humphreys & Sui, 2016). Aunque las redes neurales que participan en el procesamiento de la información auto-relacionada, como la propia cara, están bastante definidas, aún siguen sin conocerse cómo se suceden los procesos cognitivos que median en el auto-procesamiento y cómo de específicos son. Esto deja sin resolver algunas cuestiones clave como, por ejemplo, si el procesamiento diferencial entre el yo y el otro depende de la puesta en marcha de mecanismos atencionales específicos, como proponen los autores del actual Modelo Neural del Yo (Sui & Gu, 2017), o por mecanismos perceptivos relacionados con la experiencia visual y la familiaridad del estímulo, como sugieren otros (Keyes & Brady, 2010; Keyes et al., 2010; Rooney et al., 2012). El objetivo de esta tesis fue precisamente identificar y describir los mecanismos perceptivos y atencionales específicos del procesamiento del yo y, concretamente, de la propia cara. Se buscaba con ello determinar si el procesamiento de la propia cara tiene características distintivas que lo diferencian cualitativamente del procesamiento facial convencional o si, por el contrario, la propia cara se procesa simplemente como una cara muy familiar de la que se tiene amplia experiencia perceptiva. Para resolver esta cuestión se llevaron a cabo tres estudios en los que empleamos imágenes faciales de distintas identidades y diversos métodos de análisis de la actividad eléctrica cerebral. El principal hallazgo de esta tesis es que la propia cara tiene un procesamiento distintivo que no depende de la experiencia visual o la familiaridad que se tiene con el estímulo, sino de la puesta en marcha de mecanismos atencionales específicos del yo.

## **1. El procesamiento distintivo de la propia cara**

El procesamiento distintivo de la propia cara se evidencia a lo largo de nuestros tres estudios. En todos ellos la propia cara muestra una respuesta neural diferencial en comparación con otras caras, tanto familiares como desconocidas. Concretamente,

nuestros dos primeros estudios indican que la disociación entre el procesamiento de la propia cara con respecto a otras se inicia en torno a los 200 ms, respaldando así la visión ofrecida por Estudillo (2017). Este autor, tras una extensa revisión de la literatura, enfatiza que el componente P200 es un correlato neural válido y fiable del auto-reconocimiento facial, por encima de otros posibles candidatos, como el componente N170, relacionado con la codificación estructural de la cara (Bentin et al., 1996), o el componente N250, vinculado a la familiaridad facial (Schweinberger, 2011).

En nuestros dos estudios de ERPs el componente P200 muestra de manera consistente una menor amplitud (ver Figura 7) y también una menor latencia (ver Figura 9) ante la propia cara, lo que podría estar indicando un procesamiento más rápido del yo en etapas tempranas. Este procesamiento ventajoso se corrobora a nivel conductual, ya que en nuestro primer estudio se observa un auto-reconocimiento más rápido, replicando así el *efecto de ventaja hacia el yo* que se ha venido evidenciando en numerosos estudios conductuales (p.ej. Keyes & Brady, 2010; Sui & Humphreys, 2013; Tong & Nakayama, 1999).

El procesamiento distintivo de la propia cara y, por tanto, la ventaja en el auto-reconocimiento, podría estar sustentado por la puesta en marcha de mecanismos cognitivos que solo tienen lugar durante el procesamiento de la propia cara y no durante el procesamiento facial general, como indican las diferencias encontradas en el componente P200. Sin embargo, la interpretación de las diferencias en este componente no es obvia, ya que podrían atribuirse a la acción de mecanismos tanto de naturaleza perceptiva como atencional. Por una parte, en estudios de familiaridad facial el componente P200 se ha asociado a procesos perceptivos relacionados con la configuración espacial y la prototypicalidad de la cara (Latinus & Taylor, 2006; Schweinberger & Neumann, 2016). En cambio, los resultados de nuestro segundo estudio indican que no hay diferencias perceptivas en la manera en la que se procesa la propia cara con respecto a otras. Esta evidencia, junto con el conjunto de estudios que enfatizan el papel fundamental que juega la atención durante el procesamiento del yo (ver Humphreys & Sui, 2016), nos hace proponer que la modulación de P200 que se observa

en estos y otros estudios, muchos de ellos eludiendo su interpretación (Butler, Mattingley, Cunnington, & Suddendorf, 2013; Caharel et al., 2007; Caharel, Courtay, Bernard, Lalonde, & Rebaï, 2005; Gunji, Inagaki, Inoue, Takeshima, & Kaga, 2009; Keyes et al., 2010; Parketny, Towler, & Eimer, 2015; Tanaka et al., 2006) estaría más relacionada con cómo se movilizan nuestros recursos atencionales ante nuestro propio rostro. En este sentido, se ha demostrado que la propia cara necesita menos recursos atencionales para alcanzar su reconocimiento, ya que este se da de manera implícita aun cuando el propio rostro del participante es un estímulo irrelevante para la tarea (Geng et al., 2012; Sui & Humphreys, 2013).

Es importante destacar que muy pocos estudios de EEG han tenido realmente como propósito investigar el procesamiento diferencial de la propia cara (p.ej. Keyes et al., 2010). La mayoría han utilizado el propio rostro del participante como un estímulo más a la hora de investigar el procesamiento de caras conocidas (p.ej. Tong & Nakayama, 1999), al considerar la propia cara como el final de un continuo de familiaridad. Los hallazgos contenidos en esta tesis son de especial relevancia en este sentido y se deben tener en cuenta a la hora de diseñar e interpretar estudios de percepción facial, pues ponen de manifiesto la singularidad de la propia cara. En consecuencia, proponemos que no se debería utilizar la propia cara como una cara conocida más, *ya que la propia cara es algo más que una cara muy familiar.*

## **2. Experiencia perceptiva y familiaridad**

Una de las características distintivas de la propia cara con respecto a otras es que durante su procesamiento se activa una compleja red neural que implica regiones de ambos hemisferios. Además, de la implicación del hemisferio derecho en el procesamiento facial general, la activación de regiones izquierdas ante la propia cara se ha vinculado con un procesamiento más analítico debido a la experiencia perceptiva que tenemos con ella (Keyes & Brady, 2010). Así, se ha propuesto que el procesamiento diferencial de la propia

cara podría ser el resultado de la puesta en marcha de una estrategia perceptiva más analítica, lo que podría conllevar un posible beneficio en el reconocimiento (Fuentes et al., 2013; Keyes et al., 2010).

La relevancia de nuestro segundo estudio reside en que por primera vez se emplea un paradigma de inversión en combinación con EEG para poner a prueba esta idea. Nuestros resultados muestran que tanto la propia cara como una cara familiar se ven afectadas por la inversión. Esto implica que ambas ponen en marcha preferentemente la misma estrategia de procesamiento perceptivo: una estrategia holística. Además, en ninguno de los dos estudios observamos un comportamiento diferencial del componente N170 ante la propia cara, un componente que se ve modulado al llevar a cabo un procesamiento analítico (ver Hinojosa et al., 2015). Por tanto, los resultados de esta tesis en su conjunto no apoyan el planteamiento de que el procesamiento distintivo y la ventaja en el reconocimiento de la propia cara dependen de la experiencia perceptiva acumulada de ella. La atención, por el contrario, sí parece jugar un rol más determinante en este sentido, como discutiremos en el siguiente apartado.

Creemos que la interpretación que ofrecen algunos autores sobre el papel central de la experiencia perceptiva en el procesamiento diferencial de la propia cara no parece estar suficientemente justificada a la luz de estudios más recientes (Sui & Gu, 2017). La implicación de ambos hemisferios durante el auto-reconocimiento (Devue & Brédart, 2011), en la que se apoyan autoras como Keyes y colaboradores para suplir la carencia de datos neurales que suelen acompañar a estos estudios (p.ej. Keyes & Brady, 2010), podría explicarse mejor por la puesta en marcha de la extensa red atencional involucrada en el procesamiento del yo (Humphreys & Sui, 2016). Gracias a trabajos de investigación como el de Sui & Gu (2017), que hacen una puesta en común de estudios con diversos métodos y enfoques sobre el procesamiento de la información auto-relacionada, podemos tener una visión más amplia del fenómeno y entender así que cuando hablamos de un estímulo visual como es nuestro propio rostro no solo hablamos de experiencia perceptiva, sino que estamos aludiendo al *yo*.

La familiaridad tampoco parece ser un factor que justifique el procesamiento distintivo de la propia cara, pues a lo largo de nuestros estudios esta ha tenido un efecto diferencial en comparación con otras caras familiares. Concretamente, nuestros resultados indican que la familiaridad no explica el procesamiento diferencial temprano de la propia cara, ya que esta se detecta a partir de los 250 ms y no antes. Tampoco justifica el posterior despliegue atencional, ya que la disminución de la potencia del ritmo alfa que se observa en nuestro tercer estudio solo se presenta de manera sostenida hacia el yo, y no hacia otras caras familiares. Estos hallazgos están en consonancia con un estudio reciente de EEG (Woźniak et al., 2018) que muestra un procesamiento distintivo temprano para el yo similar al que encontramos en nuestros dos primeros estudios. Lo más interesante de este estudio es que todas las caras que se presentaron fueron caras desconocidas, que se asociaron a distintas identidades (yo, amigo, desconocido) para la sesión experimental. De esta manera tan elegante los autores controlaron tanto la experiencia visual como la familiaridad del estímulo facial, que era la misma en todos los casos, demostrando así que el procesamiento distintivo del yo es independiente de estos dos factores.

Desvelar el papel que juega la experiencia visual y la familiaridad en el procesamiento de la propia cara ha sido una constante en este trabajo de investigación, pues resulta una cuestión clave tanto para validar el Modelo Neural del Yo como para entender las peculiaridades del procesamiento facial. Esta tesis aporta evidencia a favor de que el procesamiento singular de la propia cara, que se ha explicado en algunas ocasiones por la familiaridad del estímulo (Bortolon et al., 2018; Devue & Brédart, 2008; Keyes & Dlugokencka, 2014; Kircher et al., 2001; Miyakoshi et al., 2007) y en otras por su idiosincrasia (Alexopoulos & Muller, 2012; Keyes, 2012; Keyes et al., 2010; Miyakoshi et al., 2008; Sui & Humphreys, 2013), no se basa en la experiencia perceptiva que tenemos con nuestro propio rostro, sino en cómo este moviliza los recursos atencionales durante su procesamiento.

Sin embargo, el yo y la familiaridad parecen ser categorías difíciles de delimitar en algunos estudios, que no alcanzan a demostrar efectos específicos del yo (Bortolon et al., 2018; Devue et al., 2009; Keyes & Dlugokencka, 2014). Creemos que esto podría explicarse por

una posible identificación de los participantes con los estímulos. Teniendo en cuenta la naturaleza expansiva del yo (Aron & Fraley, 1999; Mattan, Quinn, & Rotshtein, 2016; Sui & Humphreys, 2013; Sui et al., 2013), se podría plantear la hipótesis de que un rostro familiar (por ejemplo, el rostro de una pareja) a veces puede ser procesado como un rostro familiar, pero en otras ocasiones como un estímulo auto-relacionado, porque también podría ser procesado como parte del yo (ver Taylor et al., 2009). Nos preguntamos si el propósito de la tarea experimental o la identificación personal con los estímulos elegidos podrían convertir el estímulo familiar en un estímulo auto-relacionado, explicando así la falta de consenso en la literatura. Animamos a que se aborde esta cuestión en futuros estudios investigando, por ejemplo, cómo el yo es procesado por miembros de otras sociedades menos individualistas y más colectivistas donde el concepto de “yo” no solo implica al individuo sino también a miembros del endogrupo. De hecho, un estudio ha demostrado que las diferencias culturales entre miembros de países occidentales y orientales modulan el auto-reconocimiento (Sui, Liu, & Han, 2009), por lo que sería muy interesante indagar más en esta materia.

### **3. Mecanismos atencionales específicos del yo**

Muchos son los estudios que evidencian la implicación de una amplia red atencional durante el procesamiento del yo (ver Humphreys & Sui, 2016 para más detalles). Sin embargo, la dinámica temporal de los mecanismos atencionales implicados ha sido poco investigada. El presente trabajo de investigación se ayuda de métodos que no habían sido utilizados con anterioridad en este ámbito para describir cómo se despliegan los mecanismos atencionales involucrados en el auto-procesamiento facial y cómo de específicos son. Si tomamos nuestros resultados en conjunto, estos apuntan a que los mecanismos atencionales que se despliegan durante el procesamiento de la propia cara son específicos del yo, pues a lo largo de nuestros tres estudios se ha puesto de manifiesto la existencia de una respuesta neural diferencial entre la propia cara y otras, tanto familiares como desconocidas.



Los resultados de nuestros tres estudios aportan evidencia relevante a favor del actual Modelo Neural del Yo (Sui & Gu, 2017; Sui & Humphreys, 2016), que propone que el yo se origina por la interacción de tres redes, una de ellas vinculada a los procesos atencionales *bottom-up* y *top-down*. Pero, además, nuestros hallazgos superan una de las limitaciones de este modelo al describir cómo se suceden los procesos atencionales específicos del yo.

Nuestros resultados ponen de relieve cómo la propia cara, al ser percibida, desencadena un juego entre la atención exógena y endógena a nivel neural. En términos del Modelo Neural del Yo, la propia cara seguiría un procesamiento *bottom-up* en etapas tempranas (~200 ms), facilitando así la activación de las representaciones asociadas al yo que se tienen en memoria o *Yo-nuclear* (250 ms) y, por lo tanto, el auto-reconocimiento. La rápida activación del *Yo-Nuclear* generaría a continuación un control atencional *top-down* mantenido en el tiempo; como indica la desincronización sostenida de las oscilaciones alfa-beta tras el procesamiento de la propia cara. En otras palabras, mientras que, en una etapa inicial del procesamiento, la propia cara no parece necesitar muchos recursos atencionales para ser percibida, una vez que se alcanza su reconocimiento, estos recursos se redirigen hacia ella *secuestrando nuestra atención*; desde el famoso efecto *cocktail party* (Moray, 1959) que se produce al escuchar nuestro propio nombre, hasta estudios más recientes de eye-tracker que evidencian un enganche atencional prolongado en el tiempo ante la propia cara (Devue et al., 2009).

Sin embargo, no siempre se ha podido corroborar que esta movilización de recursos atencionales se produzca de manera automática. Por ejemplo, la propia cara capta nuestra atención interfiriendo con la tarea en curso, pero solo si aparece en el espacio foveal, no cuando se presenta en la parafovea (Devue & Brédart, 2008; Keyes & Dlugokencka, 2014). Aunque nuestros hallazgos sugieren que la propia cara se beneficia de un procesamiento *bottom-up* en etapas tempranas, sería necesario seguir investigando esta cuestión para determinar si el auto-procesamiento se produce de manera *automática* por su saliencia, como defiende el Modelo Neural del Yo, o por su relevancia (ver Mattan et al., 2016; Ocampo & Kahan, 2016 para una discusión). Se

necesitaría estudiar en profundidad, por ejemplo, si el auto-reconocimiento tiene lugar incluso cuando la cara se presenta por debajo del umbral perceptivo, como apunta algún estudio (Geng et al., 2012; Tao, Zhang, Li, & Geng, 2012); o diseñar tareas atencionales en las que la propia cara entrase en competición con otros estímulos relevantes.

#### **4. Limitaciones y perspectivas futuras**

La modulación atencional que se observa al percibir la propia cara podría ser un mecanismo adaptativo que facilite el procesamiento de la información subsiguiente por la potencial relevancia social que tiene para uno mismo (p.ej. Woźniak et al., 2018). En cambio, nuestro propio rostro también podría “secuestrar” nuestra atención impidiéndonos percibir otros estímulos que se presentan en competencia (p.ej. Brédart et al., 2006). Es decir, la propia cara podría actuar como facilitador o como distractor. La principal limitación de esta investigación es no poder dar respuesta a esta cuestión, ya que el paradigma experimental utilizado no fue diseñado para tal fin. Teniendo en cuenta que tras la presentación de la propia cara los recursos atencionales se redirigen hacia las áreas cerebrales que son relevantes para la tarea, en nuestro caso el área fusiforme (ver Figura 9), creemos que tareas de *priming* en las que se utilice la propia cara del participante podrían ayudar a esclarecer esta cuestión. Por ejemplo, en una tarea de reconocimiento de estímulos faciales esperaríamos que el reconocimiento de otras caras se viera facilitado por la presentación previa del propio rostro; en cambio, si la tarea de reconocimiento implica otra modalidad sensorial (por ejemplo, la auditiva) esperaríamos que el procesamiento se viera perjudicado.

Consideramos que nuestros hallazgos tienen importantes implicaciones para la investigación en el ámbito de la neuropsiquiatría. Sabemos que el yo y sus mecanismos atencionales se ven alterados en algunos trastornos mentales (Gillespie-Smith et al., 2018; Liemburg et al., 2012; Platek & Gallup, 2002). En pacientes deprimidos, por ejemplo, determinados síntomas como la rumiación se han relacionado con una mayor atención

auto-focalizada (Northoff, 2007; Watkins & Teasdale, 2004). Por tanto, el mecanismo atencional responsable de la captura atencional sostenida ante el yo podría estar alterado, desencadenando una continua focalización hacia uno mismo. De hecho, la evidencia neuropsicológica apunta en esta dirección, ya que un daño en regiones involucradas en el control atencional da lugar al conocido como *hyper-self bias*, esto es, un aumento del sesgo hacia el yo (Sui, Chechlacz, Rotshtein, & Humphreys, 2015; Sui et al., 2015).

Un aspecto importante que también sería importante abordar para entender el procesamiento del yo es el componente emocional. ¿Hasta qué punto nuestro propio rostro es un estímulo emocionalmente relevante o saliente para nosotros?, ¿esto estaría influyendo en cómo se movilizan nuestros recursos atencionales ante la propia cara?, ¿cómo se procesa emocionalmente la propia cara en comparación con otras? Un estudio combinado de EEG y medidas psicofisiológicas periféricas similar al realizado por Guerra y colaboradores (2012) podría ayudar a esclarecer esta cuestión que, aunque trasciende los objetivos del presente trabajo de investigación, creemos que sería una línea de investigación muy interesante para desarrollar en el futuro.

Por último, si conectamos nuestros hallazgos con la actualidad, la atención que desplazamos hacia nuestro propio rostro encuentra su máxima representación en los denominados *selfies*: fotografías de nosotros mismos captadas generalmente con dispositivo electrónico. La cámara de nuestro móvil no es más que una herramienta más, sin embargo, llama la atención cómo uno de los usos más habituales es el de retratarnos a nosotros mismos, casi de manera obsesiva (Storr, 2018). Y no parece ser un caso aislado, ya que a lo largo de la historia el autorretrato ha sido una forma habitual de auto-representación (ver Escher, 1935). Incluso la mitología griega ya nos advertía en el famoso Mito de Narciso del peligro de quedarnos atrapados en nuestro propio reflejo. Pero, ¿por qué prestamos tanta atención a nuestra propia imagen? De comprobarse que la modulación atencional ante el yo es un mecanismo para la mejora del procesamiento de la información auto-relevante, ¿estaríamos siendo víctimas de un mecanismo atencional con valor adaptativo?



## CONCLUSIONES

Tras presentar y discutir los hallazgos específicos contenidos en esta tesis doctoral, las principales conclusiones que se desprenden de ellos son las siguientes:

- La propia cara tiene un procesamiento neural distintivo y temprano desencadenado por mecanismos atencionales específicos del yo.
- El componente P200 es un índice válido y fiable de auto-reconocimiento, por encima de otros componentes anteriormente propuestos, como N170 o N250.
- La propia cara no presenta una mayor resistencia a la inversión que otras caras familiares, como indican medidas conductuales y de actividad cerebral (componente N170).
- La propia cara se beneficia de un procesamiento *bottom-up* en etapas tempranas, lo que conlleva una ventaja en el auto-reconocimiento.
- La activación de las auto-representaciones almacenadas en memoria provoca una asignación endógena de la atención que se mantiene a lo largo del tiempo, mediante un control atencional *top-down*.
- En conjunto, nuestros resultados apoyan y superan algunas de las limitaciones que presenta el Modelo Neural de Yo.
- Nuestros hallazgos tienen importantes implicaciones en la investigación del procesamiento facial, así como en el estudio sobre el procesamiento del yo en enfermedades psiquiátricas.



## CONCLUSIONS

Having presented and discussed the specific findings obtained in the present doctoral dissertation, the following main conclusions may be drawn:

- The self-face receives a distinctive neural processing driven by self-specific attentional mechanisms at early processing stages.
- The P200 component is a valid and reliable index of self-recognition, over and above other previously proposed components, such as N170 or N250.
- The self-face is not more resistant to face inversion than other familiar faces, as indicated by behavioural as well as brain activity measures (N170 component).
- The self-face benefits from bottom-up processing at early stages, resulting in a self-recognition advantage.
- The activation of self-representations stored in memory leads to an endogenous allocation of attention that is maintained over time, via top-down attentional control.
- Overall, our results support and overcome some limitations of the current Neural Model of the Self.
- Our findings have important implications for facial processing research, as well as for the study of self-processing in psychiatric disorders.





## REFERENCIAS

## REFERENCES

- Alexopoulos, T., & Muller, D. (2012). I, me, mine: Automatic attentional capture by self related stimuli. *European Journal of Social Psychology, 42*(6), 770–779.  
<https://doi.org/10.1002/ejsp.1882>
- Alzueta, E., Melcón, M., Poch, C., & Capilla, A. (2019). Is your own face more than a highly familiar face?. *Biological psychology, 142*, 100–107.
- Andrews, S., Burton, A. M., Schweinberger, S. R., & Wiese, H. (2017). Event-related potentials reveal the development of stable face representations from natural variability. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 70*(8), 1620–1632.  
<https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1195851>
- Araujo, H. F., Kaplan, J., & Damasio, A. (2013). Cortical Midline Structures and Autobiographical-Self Processes: An Activation-Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 548.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00548>
- Aron, A., & Fraley, B. (1999). Relationship Closeness as Including Other in the Self: Cognitive Underpinnings and Measures. *Social Cognition, 17*(2), 140–160.  
<https://doi.org/10.1521/soco.1999.17.2.140>
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(8), 437–443. <https://doi.org/10.1016/J.TICS.2012.06.010>
- Bauer, M., Stenner, M.-P., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (2014). Attentional modulation of alpha/beta and gamma oscillations reflect functionally distinct processes. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience, 34*(48), 16117–16125. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3474-13.2014>
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience, 8*(6), 551–565. <https://doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551>
- Bentin, S., & Deouell, L. Y. (2000). Structural Encoding and Identification In Face Processing: ERP evidence for separate mechanisms. *Cognitive Neuropsychology, 17*(1–3), 35–55. <https://doi.org/10.1080/026432900380472>
- Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 87*(1), 527–570.

<https://doi.org/10.1007/BF01797193>

- Bonnefond, M., Kastner, S., & Jensen, O. (2017). Communication between Brain Areas Based on Nested Oscillations. *ENeuro*, *4*(2). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0153-16.2017>
- Bortolon, C., Lorieux, S., & Raffard, S. (2018). Self- or familiar-face recognition advantage? New insight using ambient images. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(6), 17470218.2017.1. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1327982>
- Brady, N., Campbell, M., & Flaherty, M. (2004). My left brain and me: A dissociation in the perception of self and others. *Neuropsychologia*, *42*(9), 1156–1161. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.02.007>
- Brainard, D. H., & Vision, S. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial vision*, *10*, 433–436.
- Brédart, S. (2003). Recognising the Usual Orientation of One's Own Face: The Role of Asymmetrically Located Details. *Perception*, *32*(7), 805–811. <https://doi.org/10.1068/p3354>
- Brédart, S., Delchambre, M., & Laureys, S. (2006). One's own face is hard to ignore. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(1), 46–52. <https://doi.org/10.1080/17470210500343678>
- Brédart, S., & Devue, C. (2006). The accuracy of memory for faces of personally known individuals. *Perception*, *35*(1), 101–106. <https://doi.org/10.1068/p5382>
- Bressler, S. L., Tang, W., Sylvester, C. M., Shulman, G. L., & Corbetta, M. (2008). Top-down control of human visual cortex by frontal and parietal cortex in anticipatory visual spatial attention. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *28*(40), 10056–10061. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1776-08.2008>
- Burle, B., Spieser, L., Roger, C., Casini, L., Hasbroucq, T., & Vidal, F. (2015). Spatial and temporal resolutions of EEG: Is it really black and white? A scalp current density view. *International Journal of Psychophysiology*, *97*(3), 210–220. <https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2015.05.004>
- Burton, A. M., Bruce, V., & Johnston, R. A. (1990). Understanding face recognition with an interactive activation model. *British Journal of Psychology*, *81*(3), 361–380. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02367.x>
- Burton, A. M., Jenkins, R., & Schweinberger, S. R. (2011). Mental representations of familiar faces. *British Journal of Psychology*, *102*(4), 943–958.

<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2011.02039.x>

- Butler, D. L., Mattingley, J. B., Cunnington, R., & Suddendorf, T. (2013). Different Neural Processes Accompany Self-Recognition in Photographs Across the Lifespan: An ERP Study Using Dizygotic Twins. *PLoS one*, *8*(9), e72586.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072586>
- Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Oxford University Press.
- Buzsáki, G., & Wang, X.-J. (2012). Mechanisms of Gamma Oscillations. *Annu. Rev. Neurosci*, *35*, 203–225. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150444>
- Caharel, S., Bernard, C., Thibaut, F., Haouzir, S., Di Maggio-Clozel, C., Allio, G., ... Rebai, M. (2007). The effects of familiarity and emotional expression on face processing examined by ERPs in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *95*(1–3), 186–196. <https://doi.org/10.1016/J.SCHRES.2007.06.015>
- Caharel, S., Courta, N., Bernard, C., Lalonde, R., & Rebai, M. (2005). Familiarity and emotional expression influence an early stage of face processing: An electrophysiological study. *Brain and Cognition*, *59*(1), 96–100.  
<https://doi.org/10.1016/J.BANDC.2005.05.005>
- Caharel, S., Poiroux, S., Bernard, C., Thibaut, F., Lalonde, R., & Rebai, M. (2002). ERPs associated with familiarity and degree of familiarity during face recognition. *International Journal of Neuroscience*, *112*(12), 1499–1512.  
<https://doi.org/10.1080/00207450290158368>
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(8), 641–651.  
<https://doi.org/10.1038/nrn1724>
- Capilla, A., & Carretié, L. (2015). Bases neurofisiológicas de las oscilaciones cerebrales. In M. Fernando, F. del Pozo, & E. Pereda (Eds.), *Conectividad funcional y anatómica en el cerebro humano: análisis de señales y aplicaciones en ciencias de la salud* (pp. 29–38).
- Capilla, A., Melcón, M., Kessel, D., Calderón, R., Pazo-Álvarez, P., & Carretié, L. (2016). Retinotopic mapping of visual event-related potentials. *Biological Psychology*, *118*, 114–125. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPSYCHO.2016.05.009>
- Capilla, A., Schoffelen, J.-M., Paterson, G., Thut, G., & Gross, J. (2014). Dissociated  $\alpha$ -Band Modulations in the Dorsal and Ventral Visual Pathways in Visuospatial Attention and Perception. *Cerebral Cortex*, *24*(2), 550–561.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhs343>

- Carretié, L., Hinojosa, J. A., Martín-Loeches, M., Mercado, F., & Tapia, M. (2004). Automatic attention to emotional stimuli: Neural correlates. *Human Brain Mapping, 22*(4), 290–299. <https://doi.org/10.1002/hbm.20037>
- Carretié, L., Martín-Loeches, M., Hinojosa, J. A., & Mercado, F. (2001). Emotion and Attention Interaction Studied through Event-Related Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience, 13*(8), 1109–1128. <https://doi.org/10.1162/089892901753294400>
- Chen, J., Yuan, J., Feng, T., Chen, A., Gu, B., & Li, H. (2011). Temporal features of the degree effect in self-relevance: Neural correlates. *Biological Psychology, 87*(2), 290–295. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPSYCHO.2011.03.012>
- Connor, C. E., Egeth, H. E., & Yantis, S. (2004). Visual Attention: Bottom-Up Versus Top-Down. *Current Biology, 14*(19), R850–R852. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2004.09.041>
- Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P., & Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience, 3*(3), 292–297. <https://doi.org/10.1038/73009>
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience, 3*(3), 201–215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Cravo, A. M., Rohenkohl, G., Wyart, V., & Nobre, A. C. (2011). Endogenous modulation of low frequency oscillations by temporal expectations. *Journal of Neurophysiology, 106*(6), 2964–2972. <https://doi.org/10.1152/jn.00157.2011>
- Cumming, G. (2013). *Understanding The New Statistics*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203807002>
- David, O., Kilner, J. M., & Friston, K. J. (2006). Mechanisms of evoked and induced responses in MEG/EEG. *NeuroImage, 31*(4), 1580–1591. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2006.02.034>
- De Lissa, P., McArthur, G., Hawelka, S., Palermo, R., Mahajan, Y., & Hutzler, F. (2014). Fixation location on upright and inverted faces modulates the N170. *Neuropsychologia, 57*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.02.006>
- De Renzi, E. (1986). Prosopagnosia in two patients with CT scan evidence of damage confined to the right hemisphere. *Neuropsychologia, 24*(3), 385–389. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3736820>

- Devue, C., & Brédart, S. (2008). Attention to self-referential stimuli: Can I ignore my own face? *Acta Psychologica, 128*(2), 290–297.  
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.02.004>
- Devue, C., & Brédart, S. (2011). The neural correlates of visual self-recognition. *Consciousness and Cognition, 20*(1), 40–51.  
<https://doi.org/10.1016/j.CONCOG.2010.09.007>
- Devue, C., Van der Stigchel, S., Brédart, S., & Theeuwes, J. (2009). You do not find your own face faster; you just look at it longer. *Cognition, 111*(1), 114–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.01.003>
- Douglas, R. J., & Martin, K. A. C. (2007). Recurrent neuronal circuits in the neocortex. *Current Biology, 17*(13), R496–R500. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2007.04.024>
- Downar, J., Crawley, A. P., Mikulis, D. J., & Davis, K. D. (2001). The Effect of Task Relevance on the Cortical Response to Changes in Visual and Auditory Stimuli: An Event-Related fMRI Study. *NeuroImage, 14*(6), 1256–1267.  
<https://doi.org/10.1006/NIMG.2001.0946>
- Dricot, L., Sorger, B., Schiltz, C., Goebel, R., & Rossion, B. (2008). The roles of “face” and “non-face” areas during individual face perception: Evidence by fMRI adaptation in a brain-damaged prosopagnosic patient. *NeuroImage, 40*(1), 318–332.  
<https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2007.11.012>
- Eimer, M. (2000a). Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces - Evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research, 10*(1–2), 145–158. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(00\)00038-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(00)00038-0)
- Eimer, M. (2000b). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *NeuroReport, 11*(10), 2319–2324.  
<https://doi.org/10.1097/00001756-200007140-00050>
- Eimer, M., Gosling, A., Nicholas, S., & Kiss, M. (2011). The N170 component and its links to configural face processing: A rapid neural adaptation study. *Brain Research, 1376*, 76–87. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2010.12.046>
- Engel, A. K., & Fries, P. (2010). Beta-band oscillations — signalling the status quo? *Current Opinion in Neurobiology, 20*(2), 156–165.  
<https://doi.org/10.1016/J.CONB.2010.02.015>
- Enock, F., Sui, J., Hewstone, M., & Humphreys, G. W. (2018). Self and team prioritisation effects in perceptual matching: Evidence for a shared representation. *Acta Psychologica, 182*(November 2017), 107–118.

- <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.11.011>
- Escher, M. C. (1935). *Hand with Reflecting Sphere*. <https://www.mcescher.com/>
- Estudillo, A. J. (2017). Commentary: My face or yours? Event-related potential correlates of self-face processing. *Frontiers in Psychology, 8*, 608.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00608>
- Fries, P. (2015). Rhythms for Cognition: Communication through Coherence. *Neuron, 88*(1), 220–235. <https://doi.org/10.1016/J.NEURON.2015.09.034>
- Fuentes, C. T., Runa, C., Blanco, X. A., Orvalho, V., & Haggard, P. (2013). Does My Face FIT?: A Face Image Task Reveals Structure and Distortions of Facial Feature Representation. *PLoS one, 8*(10), e76805.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076805>
- Geng, H., Zhang, S., Li, Q., Tao, R., & Xu, S. (2012). Dissociations of subliminal and supraliminal self-face from other-face processing: Behavioral and ERP evidence. *Neuropsychologia, 50*(12), 2933–2942.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.040>
- Giesbrecht, B., Weissman, D. H., Woldorff, M. G., & Mangun, G. R. (2006). Pre-target activity in visual cortex predicts behavioral performance on spatial and feature attention tasks. *Brain Research, 1080*(1), 63–72.  
<https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2005.09.068>
- Gillespie-Smith, K., Ballantyne, C., Branigan, H. P., Turk, D. J., & Cunningham, S. J. (2018). The I in autism: Severity and social functioning in autism are related to self-processing. *British Journal of Developmental Psychology, 36*(1), 127–141.  
<https://doi.org/10.1111/bjdp.12219>
- Gobbini, M. I., & Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia, 45*(1), 32–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.04.015>
- Gosling, A., & Eimer, M. (2011). An event-related brain potential study of explicit face recognition. *Neuropsychologia, 49*(9), 2736–2745.  
<https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2011.05.025>
- Gould, I. C., Rushworth, M. F., & Nobre, A. C. (2011). Indexing the graded allocation of visuospatial attention using anticipatory alpha oscillations. *Journal of Neurophysiology, 105*(3), 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jn.00653.2010>
- Greenberg, S. N., & Goshen-Gottstein, Y. (2009). Not all faces are processed equally: Evidence for featural rather than holistic processing of one's own face in a face-

- imaging task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*(2), 499–508. <https://doi.org/10.1037/a0014640>
- Gross, J., Kujala, J., Hamalainen, M., Timmermann, L., Schnitzler, A., & Salmelin, R. (2001). Dynamic imaging of coherent sources: Studying neural interactions in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *98*(2), 694–699. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.694>
- Guerra, P., Vico, C., Campagnoli, R., Sánchez, A., Anllo-Vento, L., & Vila, J. (2012). Affective processing of loved familiar faces: Integrating central and peripheral electrophysiological measures. *International Journal of Psychophysiology*, *85*(1), 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.06.004>
- Gunji, A., Inagaki, M., Inoue, Y., Takeshima, Y., & Kaga, M. (2009). Event-related potentials of self-face recognition in children with pervasive developmental disorders. *Brain and Development*, *31*(2), 139–147. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINDEV.2008.04.011>
- Hanslmayr, S., Staresina, B. P., & Bowman, H. (2016). Oscillations and Episodic Memory: Addressing the Synchronization/Desynchronization Conundrum. *Trends in Neurosciences*, *39*(1), 16–25. <https://doi.org/10.1016/J.TINS.2015.11.004>
- Hari, R., & Salmelin, R. (1997). Human cortical oscillations: a neuromagnetic view through the skull. *Trends in Neurosciences*, *20*(1), 44–49. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)10065-5](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)10065-5)
- Hasselmo, M. E. (2005). What is the function of hippocampal theta rhythm?—Linking behavioral data to phasic properties of field potential and unit recording data. *Hippocampus*, *15*(7), 936–949. <https://doi.org/10.1002/hipo.20116>
- Haxby, J. V., & Gobbini, M. I. (2011). Distributed neural systems for face perception. In A. Calder, G. Rhodes, M. Johnson, & J. Haxby (Eds.), *The Oxford Handbook of Face Perception* (pp. 93–110).
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0)
- Hinojosa, J. A., Mercado, F., & Carretié, L. (2015). N170 sensitivity to facial expression: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *55*, 498–509. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.002>
- Hopfinger, J. B., Jha, A. P., Hopf, J. M., Girelli, M., & Mangun, G. R. (2000). Electrophysiological and neuroimaging studies of voluntary and reflexive

- attention. *Attention and performance XVII*, 125-153.
- Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H., & Sui, J. (2016). Distinct and common aspects of physical and psychological self-representation in the brain: A meta-analysis of self-bias in facial and self-referential judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *61*, 197–207.  
<https://doi.org/10.1016/J.NEUBIOREV.2015.12.003>
- Humphreys, G. W., & Sui, J. (2016). Attentional control and the self: The Self-Attention Network (SAN). *Cognitive neuroscience*, *7*(1-4), 5-17.  
<https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1044427>
- Iidaka, T. (2014). Role of the fusiform gyrus and superior temporal sulcus in face perception and recognition: An empirical review. *Japanese Psychological Research*, *56*(1), 33–45. <https://doi.org/10.1111/jpr.12018>
- Ikkai, A., Dandekar, S., & Curtis, C. E. (2016). Lateralization in Alpha-Band Oscillations Predicts the Locus and Spatial Distribution of Attention. *PLoS One*, *11*(5), e0154796.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154796>
- Ishai, A. (2008). Let's face it: It's a cortical network. *NeuroImage*, *40*(2), 415–419.  
<https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2007.10.040>
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, *2*(3), 194–203. <https://doi.org/10.1038/35058500>
- Jackson, A. F., & Bolger, D. J. (2014). The neurophysiological bases of EEG and EEG measurement: A review for the rest of us. *Psychophysiology*, *51*(11), 1061–1071.  
<https://doi.org/10.1111/psyp.12283>
- Jemel, B., Pisani, M., Calabria, M., Crommelinck, M., & Bruyer, R. (2003). Is the N170 for faces cognitively penetrable? Evidence from repetition priming of Mooney faces of familiar and unfamiliar persons. *Cognitive Brain Research*, *17*(2), 431–446.  
[https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00145-9](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00145-9)
- Jensen, O., & Mazaheri, A. (2010). Shaping Functional Architecture by Oscillatory Alpha Activity: Gating by Inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, *4*, 186.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186>
- Kahana, M. J., Sekuler, R., Caplan, J. B., Kirschen, M., & Madsen, J. R. (1999). Human theta oscillations exhibit task dependence during virtual maze navigation. *Nature*, *399*(6738), 781–784. <https://doi.org/10.1038/21645>
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*,



- 17(11), 4302–4311. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-11-04302.1997>
- Katsuki, F., & Constantinidis, C. (2012). Early involvement of prefrontal cortex in visual bottom-up attention. *Nature Neuroscience*, *15*(8), 1160–1166.  
<https://doi.org/10.1038/nn.3164>
- Katsuki, F., & Constantinidis, C. (2014). Bottom-Up and Top-Down Attention. *The Neuroscientist*, *20*(5), 509–521. <https://doi.org/10.1177/1073858413514136>
- Kaufmann, J. M., & Schweinberger, S. R. (2012). The faces you remember: Caricaturing shape facilitates brain processes reflecting the acquisition of new face representations. *Biological Psychology*, *89*(1), 21–33.  
<https://doi.org/10.1016/j.BIOPSYCHO.2011.08.011>
- Kelly, S. P., Gomez-Ramirez, M., & Foxe, J. J. (2009). The strength of anticipatory spatial biasing predicts target discrimination at attended locations: a high-density EEG study. *European Journal of Neuroscience*, *30*(11), 2224–2234.  
<https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06980.x>
- Keyes, H. (2012). Categorical perception effects for facial identity in robustly represented familiar and self-faces: The role of configural and featural information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(4), 760–772.  
<https://doi.org/10.1080/17470218.2011.636822>
- Keyes, H., & Brady, N. (2010). Self-face recognition is characterized by “bilateral gain” and by faster, more accurate performance which persists when faces are inverted. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*(5), 840–847.  
<https://doi.org/10.1080/17470211003611264>
- Keyes, H., Brady, N., Reilly, R. B., & Foxe, J. J. (2010). My face or yours? Event-related potential correlates of self-face processing. *Brain and Cognition*, *72*(2), 244–254.  
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.09.006>
- Keyes, H., & Dlugokencka, A. (2014). Do I have my attention? Speed of processing advantages for the self-face are not driven by automatic attention capture. *PLoS ONE*, *9*(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110792>
- Kim, S.G., Richter, W., & Ugurbil, K. (1997). Limitations of temporal resolution in functional MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, *37*(4), 631–636.  
<https://doi.org/10.1002/mrm.1910370427>
- Kircher, T., & David, A. (Eds.). (2003). *The self in neuroscience and psychiatry*. Cambridge University Press.
- Kircher, T. T. ., Senior, C., Phillips, M. L., Rabe-Hesketh, S., Benson, P. J., Bullmore, E. T., ...

- David, A. S. (2001). Recognizing one's own face. *Cognition*, *78*(1), B1–B15.  
[https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00104-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00104-9)
- 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.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
- Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(12), 606–617.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
- Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, *53*(1), 63–88.  
<https://doi.org/10.1016/J.BRAINRESREV.2006.06.003>
- Kloosterman, N. A., Meindertsma, T., Hillebrand, A., van Dijk, B. W., Lamme, V. A. F., & Donner, T. H. (2015). Top-down modulation in human visual cortex predicts the stability of a perceptual illusion. *Journal of Neurophysiology*, *113*(4), 1063–1076.  
<https://doi.org/10.1152/jn.00338.2014>
- Kloth, N., Rhodes, G., & Schweinberger, S. R. (2017). Watching the brain recalibrate: Neural correlates of renormalization during face adaptation. *NeuroImage*, *155*, 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.04.049>
- Knyazev, G. G. (2013). EEG Correlates of Self-Referential Processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 264. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00264>
- Kriegeskorte, N., Formisano, E., Sorger, B., & Goebel, R. (2007). Individual faces elicit distinct response patterns in human anterior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(51), 20600–20605. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705654104>
- Kriegeskorte, N., Simmons, W. K., Bellgowan, P. S. F., & Baker, C. I. (2009). Circular analysis in systems neuroscience: the dangers of double dipping. *Nature Neuroscience*, *12*(5), 535–540. <https://doi.org/10.1038/nn.2303>
- Kuang, S. (2016). Two Polarities of Attention in Social Contexts: From Attending-to-Others to Attending-to-Self. *Frontiers in Psychology*, *7*, 63.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00063>
- Latinus, M., & Taylor, M. J. (2005). Holistic Processing of Faces: Learning Effects with Mooney Faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(8), 1316–1327.  
<https://doi.org/10.1162/0898929055002490>
- Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face processing stages: Impact of difficulty and the

- separation of effects. *Brain Research*, 1123(1), 179–187.  
<https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2006.09.031>
- Lei, X., & Liao, K. (2017). Understanding the Influences of EEG Reference: A Large-Scale Brain Network Perspective. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 205.  
<https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00205>
- Liemburg, E. J., van der Meer, L., Swart, M., Curcic-Blake, B., Bruggeman, R., Knegtering, H., & Aleman, A. (2012). Reduced Connectivity in the Self-Processing Network of Schizophrenia Patients with Poor Insight. *PLoS ONE*, 7(8), e42707.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042707>
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (2012). *Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford University Press.
- Macrae, C. N., Visokomogilski, A., Golubickis, M., & Sahraie, A. (2018). Self-relevance enhances the benefits of attention on perception. *Visual Cognition*.  
<https://doi.org/10.1080/13506285.2018.1498421>
- Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*, 164(1), 177–190.  
<https://doi.org/10.1016/J.JNEUMETH.2007.03.024>
- Mattan, B. D., Quinn, K. A., & Rotshtein, P. (2016). Relevance, valence, and the self-attention network. *Cognitive Neuroscience*, 7(1–4), 27–28.  
<https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1075489>
- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Allison, T. (1997). Face-Specific Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(5), 605–610.  
<https://doi.org/10.1162/jocn.1997.9.5.605>
- Melcón, M., Alzueta, E., Hernández-Lorca, M. & Capilla, A. (in press). Bases neurales de la percepción y la atención. *Neurocognición y Aprendizaje*.
- Mesulam, M.-M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*, 28(5), 597–613.  
<https://doi.org/10.1002/ana.410280502>
- Miller, E. K. (2000). The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(1), 59–65. <https://doi.org/10.1038/35036228>
- Miyakoshi, M., Kanayama, N., Iidaka, T., & Ohira, H. (2010). EEG evidence of face-specific visual self-representation. *NeuroImage*, 50(4), 1666–1675.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.01.030>

- Miyakoshi, M., Kanayama, N., Nomura, M., Iidaka, T., & Ohira, H. (2008). ERP study of viewpoint-independence in familiar-face recognition. *International Journal of Psychophysiology*, *69*(2), 119–126. <https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2008.03.009>
- Miyakoshi, M., Nomura, M., & Ohira, H. (2007). An ERP study on self-relevant object recognition. *Brain and Cognition*, *63*(2), 182–189. <https://doi.org/10.1016/J.BANDC.2006.12.001>
- Moray, N. (1959). Attention in Dichotic Listening: Affective Cues and the Influence of Instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *11*(1), 56–60. <https://doi.org/10.1080/17470215908416289>
- Murray, R. J., Debbané, M., Fox, P. T., Bzdok, D., & Eickhoff, S. B. (2015). Functional connectivity mapping of regions associated with self- and other-processing. *Human Brain Mapping*, *36*(4), 1304–1324. <https://doi.org/10.1002/hbm.22703>
- Nichols, T. E., & Holmes, A. P. (2002). Nonparametric permutation tests for functional neuroimaging: A primer with examples. *Human Brain Mapping*, *15*(1), 1–25. <https://doi.org/10.1002/hbm.1058>
- Northoff, G. (2007). Psychopathology and pathophysiology of the self in depression — Neuropsychiatric hypothesis. *Journal of Affective Disorders*, *104*(1–3), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.JAD.2007.02.012>
- Northoff, G. (2011). Self and brain: what is self-related processing?. *Trends in cognitive sciences*, *15*(5), 186–187.
- Northoff, G., Heinzel, A., de Greck, M., Bermpohl, F., Dobrowolny, H., & Panksepp, J. (2006). Self-referential processing in our brain—A meta-analysis of imaging studies on the self. *NeuroImage*, *31*(1), 440–457. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2005.12.002>
- O’Craven, K. M., & Kanwisher, N. (2000). Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus-specific brain regions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(6), 1013–1023. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11177421>
- Ocampo, B., & Kahan, T. A. (2016). Evaluating automatic attentional capture by self-relevant information. *Cognitive Neuroscience*, *7*(1–4), 22–23. <https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1075486>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97–113.
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J.-M. (2011). FieldTrip: Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological

- Data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 1–9.  
<https://doi.org/10.1155/2011/156869>
- Oostenveld, R., Stegeman, D. F., Praamstra, P., & van Oosterom, A. (2003). Brain symmetry and topographic analysis of lateralized event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 114(7), 1194–1202. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(03\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00059-2)
- Palva, S., & Palva, J. M. (2007). New vistas for alpha-frequency band oscillations. *Trends in Neurosciences*, 30(4), 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.02.001>
- Parketny, J., Towler, J., & Eimer, M. (2015). The activation of visual face memory and explicit face recognition are delayed in developmental prosopagnosia. *Neuropsychologia*, 75, 538–547.  
<https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2015.07.009>
- Percival, D. B., & Walden, A. T. (1993). *Spectral analysis for physical applications: multitaper and conventional univariate techniques*. Cambridge University Press.
- Pfurtscheller, G. (2003). *Induced Oscillations in the Alpha Band: Functional Meaning*. *Epilepsia*, 44, 2-8.
- Pfurtscheller, G., & Lopes da Silva, F. H. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110(11), 1842–1857. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00141-8](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00141-8)
- Pfurtscheller, G., Stancák, A., & Neuper, C. (1996). Event-related synchronization (ERS) in the alpha band — an electrophysiological correlate of cortical idling: A review. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1–2), 39–46.  
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(96\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00066-9)
- Pierce, L. J., Scott, L. S., Boddington, S., Droucker, D., Curran, T., & Tanaka, J. W. (2011). The N250 Brain Potential to Personally Familiar and Newly Learned Faces and Objects. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 111.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00111>
- Platek, S. M., & Gallup, G. G. (2002). Self-face recognition is affected by schizotypal personality traits. *Schizophrenia Research*, 57(1), 81–85.  
[https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(01\)00310-3](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(01)00310-3)
- Platek, S. M., Wathne, K., Tierney, N. G., & Thomson, J. W. (2008). Neural correlates of self-face recognition: An effect-location meta-analysis. *Brain Research*, 1232, 173–184. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2008.07.010>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). *The Attention System Of The Human Brain*. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Rhodes, G. (1993). Configural Coding, Expertise, and the Right Hemisphere Advantage

- for Face Recognition. *Brain and Cognition*, 22(1), 19–41.  
<https://doi.org/10.1006/BRCG.1993.1022>
- Richler, J. J., Cheung, O. S., & Gauthier, I. (2011). Holistic processing predicts face recognition. *Psychological Science*, 22(4), 464–471.  
<https://doi.org/10.1177/0956797611401753>
- Richter, C. G., Coppola, R., & Bressler, S. L. (2018). Top-down beta oscillatory signaling conveys behavioral context in early visual cortex. *Scientific Reports*, 8(1), 6991.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-25267-1>
- Rooney, B., Keyes, H., & Brady, N. (2012). Shared or separate mechanisms for self-face and other-face processing? Evidence from adaptation. *Frontiers in Psychology*, 3, 66. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00066>
- Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A., Lazeyras, F., & Mayer, E. (2003). A network of occipito-temporal face-sensitive areas besides the right middle fusiform gyrus is necessary for normal face processing. *Brain*, 126(11), 2381–2395.  
<https://doi.org/10.1093/brain/awg241>
- Rossion, B. (2014). Understanding face perception by means of human electrophysiology. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(6), 310–318.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.02.013>
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J.-M., Crommelinck, M., Gelder, B. de, & Zoontjes, R. (2000). Hemispheric Asymmetries for Whole-Based and Part-Based Face Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 793–802. <https://doi.org/10.1162/089892900562606>
- Rossion, Bruno, & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1(1), 63–75.  
<https://doi.org/10.1177/1534582302001001004>
- Sadeh, B., & Yovel, G. (2010). Why is the N170 enhanced for inverted faces? An ERP competition experiment. *NeuroImage*, 53(2), 782–789.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.06.029>
- Sagiv, N., & Bentin, S. (2001). Structural Encoding of Human and Schematic Faces: Holistic and Part-Based Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 937–951. <https://doi.org/10.1162/089892901753165854>
- Sakihara, K., Gunji, A., Furushima, W., & Inagaki, M. (2012). Event-related oscillations in structural and semantic encoding of faces. *Clinical Neurophysiology*, 123(2), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.06.023>

- Sass, L. A., & Parnas, J. (2003). Schizophrenia, Consciousness, and the Self. *Schizophrenia Bulletin*, 29(3), 427–444.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.schbul.a007017>
- 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*, 22(11), 2917–2926.  
<https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04482.x>
- Schiltz, C., & Rossion, B. (2006). Faces are represented holistically in the human occipito-temporal cortex. *NeuroImage*, 32(3), 1385–1394.  
<https://doi.org/10.1016/j.NEUROIMAGE.2006.05.037>
- Schwarzer, G., Huber, S., & Dümmler, T. (2005). Gaze behavior in analytical and holistic face processing. *Memory & Cognition*, 33(2), 344–354.  
<https://doi.org/10.3758/BF03195322>
- Schweinberger, S. R. (2011). Neurophysiological correlates of face recognition. *The handbook of face perception*, 28, 345–66.
- Schweinberger, S. R., & Burton, A. M. (2003). Covert Recognition and the Neural System for Face Processing. *Cortex*, 39(1), 9–30. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70071-6](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70071-6)
- Schweinberger, S. R., & Neumann, M. F. (2016). Repetition effects in human ERPs to faces. *Cortex*, 80, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.11.001>
- Sergent, J., Ohta, S., & Macdonald, B. (1992). Functional neuroanatomy of face and object processing: A positron emission tomography study. *Brain*, 115(1), 15–36.  
<https://doi.org/10.1093/brain/115.1.15>
- Shomstein, S. (2012). Cognitive functions of the posterior parietal cortex: top-down and bottom-up attentional control. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6, 38.  
<https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00038>
- Shomstein, S., Lee, J., & Behrmann, M. (2010). Top-down and bottom-up attentional guidance: investigating the role of the dorsal and ventral parietal cortices. *Experimental Brain Research*, 206(2), 197–208. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2326-z>
- Siegel, M., Donner, T. H., Oostenveld, R., Fries, P., & Engel, A. K. (2008). Neuronal Synchronization along the Dorsal Visual Pathway Reflects the Focus of Spatial Attention. *Neuron*, 60(4), 709–719. <https://doi.org/10.1016/j.NEURON.2008.09.010>
- Silver, M. A., Ress, D., & Heeger, D. J. (2007). Neural Correlates of Sustained Spatial

- Attention in Human Early Visual Cortex. *Journal of Neurophysiology*, 97(1), 229–237. <https://doi.org/10.1152/jn.00677.2006>
- Spitzer, B., & Haegens, S. (2017). Cognition and Behavior Beyond the Status Quo: A Role for Beta Oscillations in Endogenous Content (Re)Activation. *ENEURO*, 4(4). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0170-17.2017>
- Storr, W. (2018). *Selfie: How We Became So Self-obsessed and what It's Doing to Us*. Abrams.
- Suffczynski, P., Kalitzin, S., Pfurtscheller, G., & Lopes da Silva, F. . (2001). Computational model of thalamo-cortical networks: dynamical control of alpha rhythms in relation to focal attention. *International Journal of Psychophysiology*, 43(1), 25–40. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00177-5)
- Sugiura, M. (2013). Associative Account of Self-Cognition: Extended Forward Model and Multi-Layer Structure. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 535. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00535>
- Sugiura, M. (2015). Three faces of self-face recognition: Potential for a multi-dimensional diagnostic tool. *Neuroscience Research*, 90, 56–64. <https://doi.org/10.1016/J.NEURES.2014.10.002>
- Sugiura, M., Watanabe, J., Maeda, Y., Matsue, Y., Fukuda, H., & Kawashima, R. (2005). Cortical mechanisms of visual self-recognition. *NeuroImage*, 24(1), 143–149. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2004.07.063>
- Sui, J., Chechlacz, M., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2015). Lesion-Symptom Mapping of Self-Prioritization in Explicit Face Categorization: Distinguishing Hypo- and Hyper-Self-Biases. *Cerebral Cortex*, 25(2), 374–383. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht233>
- Sui, J., Zhu, Y., & Han, S. (2006). Self-face recognition in attended and unattended condition: an event-related brain potential study. *Neuroreport*, 20(17), 423–427.
- Sui, J., Enock, F., Ralph, J., & Humphreys, G. W. (2015). Dissociating hyper and hypoself biases to a core self-representation. *Cortex*, 70, 202–212. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2015.04.024>
- Sui, J., & Gu, X. (2017). Self as Object: Emerging Trends in Self Research. *Trends in Neurosciences*, 40(11), 643–653. <https://doi.org/10.1016/J.TINS.2017.09.002>
- Sui, J., & Humphreys, G. W. (2013). The boundaries of self face perception: Response time distributions, perceptual categories, and decision weighting. *Visual Cognition*, 21(4), 415–445. <https://doi.org/10.1080/13506285.2013.800621>



- Sui, J., & Humphreys, G. W. (2015). The Integrative Self: How Self-Reference Integrates Perception and Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(12), 719–728.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.015>
- Sui, J., Liu, C. H., & Han, S. (2009). Cultural difference in neural mechanisms of self-recognition. *Social Neuroscience*, *4*(5), 402–411.  
<https://doi.org/10.1080/17470910802674825>
- Sui, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2013). Coupling social attention to the self forms a network for personal significance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(19), 7607–7612.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1221862110>
- Tacikowski, P., & Nowicka, A. (2010). Allocation of attention to self-name and self-face: An ERP study. *Biological Psychology*, *84*(2), 318–324.  
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.009>
- Tallon-Baudry, C., & Bertrand, O. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*(4), 151–162.  
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01299-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01299-1)
- Tanaka, J. W., Curran, T., Porterfield, A. L., & Collins, D. (2006). Activation of Preexisting and Acquired Face Representations: The N250 Event-related Potential as an Index of Face Familiarity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(9), 1488–1497.  
<https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.9.1488>
- Tanaka, J. W., & Gordon, I. (2011). Features, Configuration, and Holistic Face Processing. *The Oxford handbook of face perception*, 177–194.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199559053.013.0010>
- Tao, R., Zhang, S., Li, Q., & Geng, H. (2012). Modulation of Self-Esteem in Self- and Other-Evaluations Primed by Subliminal and Supraliminal Faces. *PloS one*, *7*(10), e47103. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0047103>
- Taylor, M. J., Arsalidou, M., Bayless, S. J., Morris, D., Evans, J. W., & Barbeau, E. J. (2009). Neural correlates of personally familiar faces: Parents, partner and own faces. *Human Brain Mapping*, *30*(7), 2008–2020. <https://doi.org/10.1002/hbm.20646>
- Thut, G., Nietzel, A., Brandt, S. A., & Pascual-Leone, A. (2006). Alpha-band electroencephalographic activity over occipital cortex indexes visuospatial attention bias and predicts visual target detection. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *26*(37), 9494–9502.  
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0875-06.2006>

- Tong, F., & Nakayama, K. (1999). Robust representations for faces: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(4), 1016–1035. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.25.4.1016>
- Towler, J., & Eimer, M. (2015). Early stages of perceptual face processing are confined to the contralateral hemisphere: Evidence from the N170 component. *Cortex*, *64*, 89–101. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2014.09.013>
- Turk, D. J., Heatherton, T. F., Kelley, W. M., Funnell, M. G., Gazzaniga, M. S., & Macrae, C. N. (2002). Mike or me? Self-recognition in a split-brain patient. *Nature Neuroscience*, *5*(9), 841–842. <https://doi.org/10.1038/nn907>
- Uddin, L. Q., Rayman, J., & Zaidel, E. (2005). Split-brain reveals separate but equal self-recognition in the two cerebral hemispheres. *Consciousness and Cognition*, *14*(3), 633–640. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.01.008>
- Van Veen, B. D., Van Drongelen, W., Yuchtman, M., & Suzuki, A. (1997). Localization of brain electrical activity via linearly constrained minimum variance spatial filtering. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *44*(9), 867–880. <https://doi.org/10.1109/10.623056>
- van Veluw, S. J., & Chance, S. A. (2014). Differentiating between self and others: An ALE meta-analysis of fMRI studies of self-recognition and theory of mind. *Brain Imaging and Behavior*, *8*(1), 24–38. <https://doi.org/10.1007/s11682-013-9266-8>
- Watkins, E., & Teasdale, J. D. (2004). Adaptive and maladaptive self-focus in depression. *Journal of Affective Disorders*, *82*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.JAD.2003.10.006>
- Winston, J. S., Henson, R. N. A., Fine-Goulden, M. R., & Dolan, R. J. (2004). fMRI-Adaptation Reveals Dissociable Neural Representations of Identity and Expression in Face Perception. *Journal of Neurophysiology*, *92*(3), 1830–1839. <https://doi.org/10.1152/jn.00155.2004>
- Willenbockel, V., Sadr, J., Fiset, D., Horne, G. O., Gosselin, F., & Tanaka, J. W. (2010). Controlling low-level image properties: the SHINE toolbox. *Behavior research methods*, *42*(3), 671–684.
- Wójcik, M. J., Nowicka, M. M., Kotlewska, I., & Nowicka, A. (2018). Self-face Captures, Holds, and Biases Attention. *Frontiers in Psychology*, *8*, 2371. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02371>
- Wojciulik, E., Kanwisher, N., & Driver, J. (1998). Covert Visual Attention Modulates Face-Specific Activity in the Human Fusiform Gyrus: fMRI Study. *Journal of Neurophysiology*, *79*(3), 1574–1578. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.79.3.1574>

- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*(8), 2031–2046. <https://doi.org/10.3758/APP.72.8.2031>
- Woźniak, M., Kourtis, D., & Knoblich, G. (2018). Prioritization of arbitrary faces associated to self: An EEG study. *PLOS ONE*, *13*(1), e0190679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190679>